

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Tvorba a využití modelu dopravní obslužnosti území

Ing. Martin Trpišovský

Disertační práce

2019

**Studijní program:**

P3710 Technika a technologie v dopravě a spojích

**Studijní obor:**

3708V024 Technologie a management v dopravě a telekomunikacích

**Školitel:** doc. Ing. Petr Průša, Ph.D.

**Disertační práce vznikla na školícím pracovišti:**

Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky

Prohlašuji:

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

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

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 9. 9. 2019

Ing. Martin Trpišovský

Rád bych poděkoval všem, kteří mě podporovali při mém studiu a zpracování této práce, především Mgr. Kristýně Vaňkátové za její konzultace a cenné rady v oblasti regresní analýzy.

## **ANOTACE**

Disertační práce se zaměřuje na problematiku modelování dopravní obslužnosti území. Veřejná hromadná doprava je esenciálním determinantem udržitelného rozvoje, její zajištění příslušnými orgány je nezbytné. Dynamický vývoj posledních let klade na dopravní obslužnost nové výzvy, které kladou větší akcent na její plánování a hodnocení. Účelem této disertační práce je na základě podrobné analýzy současného stavu zkoumané problematiky v České republice a v zahraničí a s využitím vhodných výzkumných metod metodiku hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách regionu s využitím matematicko-statistického modelu k odvození predikovaného počtu spojů veřejné hromadné dopravy.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

dopravní obslužnost, rozsah dopravní obslužnosti, regresní funkce, metodika

## **TITLE**

The formation and usage of a regional public transport services model

## **ANNOTATION**

The doctoral thesis focuses on the issue of regional public transport services modelling. Public transport is an essential determinant of sustainable development, its provision by competent authorities is indispensable. Recent dynamic progress brings new challenges to the public transport services, there is a significant accent on its planning and evaluation. The main aim of this doctoral thesis is to design a methodology of the evaluation of the extent of public transport services in certain municipality units within a region with the usage of a mathematical-statistical model of public transport services connection count prediction. The main aim is accomplished by using appropriate scientific methods based on detailed analysis of present-time knowledge of the issue.

## **KEYWORDS**

public transport services, public transport services scale, regression function, methodology

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>15</b>
<b>1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU V OBLASTI TÉMATU DISERTAČNÍ PRÁCE</b> .....	<b>17</b>
1.1 Doprava.....	17
1.2 Veřejná doprava.....	19
1.3 Sociální dimenze veřejné dopravy.....	21
1.4 Dopravní obslužnost.....	25
1.5 Veřejná doprava v České republice.....	29
1.6 Současná podoba dopravní obslužnosti v České republice.....	34
1.7 Faktory ovlivňující rozsah dopravní obslužnosti.....	38
1.7.1 Demografické a sociální faktory.....	39
1.7.2 Geografické a socio-geografické faktory.....	45
1.7.3 Dopravní infrastruktura.....	49
1.7.4 Organizační a legislativní faktory.....	51
1.7.5 Standardy dopravní obslužnosti.....	53
1.8 Modelování dopravní obslužnosti regionu.....	55
1.9 Kritické zhodnocení analýzy současného stavu.....	56
<b>2 DEFINICE CÍLŮ DISERTAČNÍ PRÁCE</b> .....	<b>60</b>
<b>3 PŘEHLED ZVOLENÝCH METOD ZPRACOVÁNÍ</b> .....	<b>63</b>
3.1 Obecné explanační vědecké metody.....	63
3.1.1 Metoda literární rešerše.....	64
3.1.2 Abstrakce a konkretizace.....	64
3.1.3 Dedukce a indukce.....	64
3.1.4 Analýza a syntéza.....	65
3.1.5 Analogie a komparace.....	66
3.1.6 Expertní odhad.....	66
3.2 Prognostické metody.....	66
3.2.1 Lineární regrese.....	67
3.2.2 Robustní regrese.....	75
3.2.3 Multikolinearita v modelu.....	88

3.2.4	Testy statistické významnosti.....	97
3.3	Předpokládané využití metod zpracování .....	106
<b>4</b>	<b>VLASTNÍ ŘEŠENÍ.....</b>	<b>108</b>
4.1	Vstupy modelu .....	108
4.1.1	Přímo kvantifikované vstupy.....	109
4.1.2	Vstupy odvozené z mapových podkladů.....	109
4.1.3	Faktory v modelu nepostihnutelné .....	111
4.1.4	Shrnutí vstupů modelu.....	112
4.2	Metodika hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti.....	115
4.2.1	Inicializace – rozhodnutí o sestavení modelu.....	115
4.2.2	Vymezení sídelních jednotek a přiřazení zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy .....	116
4.2.3	Sběr dat.....	117
4.2.4	Sestavení regresního modelu dopravní obslužnosti .....	122
4.2.5	Zhodnocení sestaveného modelu.....	144
4.2.6	Interpretace výsledků.....	151
4.2.7	Schématické znázornění metodiky .....	152
4.3	Aplikace na zvolený region.....	154
4.3.1	Inicializace – rozhodnutí o sestavení modelu.....	155
4.3.2	Vymezení sídelních jednotek a přiřazení zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy .....	155
4.3.3	Sběr dat.....	161
4.3.4	Sestavení regresního modelu dopravní obslužnosti .....	180
4.3.5	Zhodnocení sestaveného modelu.....	194
4.3.6	Interpretace výsledků.....	202
<b>5</b>	<b>VYHODNOCENÍ A DISKUZE ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>205</b>
5.1	Možnosti využití.....	206
5.2	Rozbor silných a slabých stránek modelu .....	207
5.3	Potenciální možnosti dalšího rozvoje.....	208
<b>6</b>	<b>VLASTNÍ PŘÍNOSY DOKTORANDA.....</b>	<b>211</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>213</b>
<b>8</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>215</b>

<b>9</b>	<b>PUBLIKAČNÍ ČINNOST DOKTORANDA SOUVISEJÍCÍ S TÉMATEM DISERTAČNÍ PRÁCE.....</b>	<b>257</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>259</b>



## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1</b> Vývoj počtu registrovaných automobilů a stupně motorizace na území České republiky .....	42
<b>Tabulka 2</b> Přehled všech potenciálních proměnných vstupů matematicko-statistického vstupu .....	113
<b>Tabulka 3</b> Přehled limitních hodnot jednotlivých vstupů matematicko-statistického modelu .....	114
<b>Tabulka 4</b> Části obce Ústí nad Labem, které jsou vyčleněny mimo sídelní jednotku Ústí nad Labem z pohledu modelu.....	156
<b>Tabulka 5</b> Základní sídelní jednotky na území okresu Ústí nad Labem bez osídlení, které nejsou zahrnuty do modelu .....	156
<b>Tabulka 6</b> Přehled základních sídelních jednotek a částí obcí, které byly sloučeny do jedné sídelní jednotky z pohledu modelu .....	157
<b>Tabulka 7</b> Přehled sídelních jednotek $m$ , jejichž hodnoty regresního modelu budou uvedeny přímo v kapitole 4 .....	158
<b>Tabulka 8</b> Sídelní jednotky modelu $m$ , kterým nebyly přiřazeny žádné zastávky či stanice veřejné hromadné dopravy.....	159
<b>Tabulka 9</b> Přiřazení zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy vybraným sídelním jednotkám $m$ .....	160
<b>Tabulka 10</b> Referenční počet spojů v sídelní jednotce $y^m$ .....	162
<b>Tabulka 11</b> Přehled hodnot vstupních proměnných $x_1$ až $x_5$ pro vybrané sídelní jednotky $m$ .....	163
<b>Tabulka 12</b> Přehled sídel s počtem obyvatel vyšším než 2.000 obyvatel na území posuzovaného regionu a jeho blízkém okolí.....	163
<b>Tabulka 13</b> Sídla o populační velikosti nad 2.000 obyvatel ve vzdálenosti do 5 km od sledovaných sídelních jednotek $m$ .....	164
<b>Tabulka 14</b> Variantní vstupy proměnné $x_6$ pro kombinace limitních hodnot $B$ a $D$ při $A = 2.000$ pro vybrané sídelní jednotky $m$ .....	165
<b>Tabulka 15</b> Variantní vstupy proměnné $x_6$ a $x_7$ pro kombinace limitních hodnot $B$ a $D$ pro $A$ , resp. $B = 3.000$ pro vybrané sídelní jednotky $m$ .....	166

<b>Tabulka 16</b> Variantní vstupy proměnné $x_6$ a $x_7$ pro kombinace limitních hodnot $B$ a $D$ pro $A$ , resp. $B = 4.000$ resp. $5.000$ pro vybrané sídelní jednotky $m$ .....	167
<b>Tabulka 17</b> Kombinace vstupů $i$ s různými hodnotami proměnných $x_6$ a $x_7$ a kombinace limitních hodnot $A$ , $B$ a $D$ pro každý z těchto vstupů.....	168
<b>Tabulka 18</b> Přehled hodnot vstupních proměnných $x_8$ až $x_{10}$ pro vybrané sídelní jednotky $m$ .....	169
<b>Tabulka 19</b> Přehled hodnot vstupní proměnné $x_{11}$ pro variantní hodnoty limitní vzdálenosti $G$ pro vybrané sídelní jednotky $m$ .....	170
<b>Tabulka 20</b> Přehled hodnot vstupních proměnných $x_{12}$ a $x_{13}$ pro vybrané sídelní jednotky $m$ .....	171
<b>Tabulka 21</b> Variantní vstupy proměnné $x_{14}$ pro kombinace limitní hodnoty $K$ při $J = 3.000$ pro vybrané sídelní jednotky $m$ .....	172
<b>Tabulka 22</b> Variantní vstupy proměnných $x_{14}$ a $x_{15}$ pro kombinace limitních hodnot $K$ při dolní mezi intervalu $J$ , resp. $K$ rovné čtyřem či pěti tisícům vozidel za 24 hodin pro vybrané sídelní jednotky $m$ .....	173
<b>Tabulka 23</b> Variantní vstupy proměnných $x_{14}$ a $x_{15}$ pro kombinace limitních hodnot $K$ při dolní mezi intervalu $J$ , resp. $K$ rovné šesti či sedmi tisícům vozidel za 24 hodin pro vybrané sídelní jednotky $m$ .....	174
<b>Tabulka 24</b> Variantní vstupy proměnných $x_{14}$ a $x_{15}$ pro kombinace limitních hodnot $K$ při dolní mezi intervalu $J$ , resp. $K$ rovné osmi, devíti či deseti tisícům vozidel za 24 hodin pro vybrané sídelní jednotky $m$ .....	175
<b>Tabulka 25</b> Kombinace vstupů $i$ s různými hodnotami proměnných $x_{14}$ a $x_{15}$ a kombinace limitních hodnot $J$ a $K$ pro každý z těchto vstupů .....	176
<b>Tabulka 26</b> Přehled hodnot vstupní proměnné $x_{16}$ pro jednotlivé limitní hodnoty intenzity provozu na pozemních komunikacích $L$ a jimi definované kombinace vstupů $i$ pro vybrané sídelní jednotky $m$ .....	177
<b>Tabulka 27</b> Přiřazení sídelních jednotek stanicím a zastávkám na železničních tratích s pravidelnou osobní železniční dopravou v okrese Ústí nad Labem .....	178
<b>Tabulka 28</b> Přehled hodnot vstupních proměnných $x_{17}$ až $x_{19}$ pro vybrané sídelní jednotky $m$ .....	179

<b>Tabulka 29</b> Přehled zvolených hodnot z každé skupiny $P_{A,B,D}$ , $P_G$ , $P_{J,K}$ , $P_L$ a $P_M$ a jim odpovídající kombinace limitních hodnot .....	180
<b>Tabulka 30</b> Výsledné hodnoty pro vybrané sídelní jednotky $m$ zahrnuté do kombinace vstupů $\zeta_{opt}$ .....	181
<b>Tabulka 31</b> Odhady počtu spojů ve vybraných sídelních jednotkách $m$ a chyby těchto odhadů vypočtených vícenásobnou lineární regresí .....	183
<b>Tabulka 32</b> Odvození podezření na odlehlá pozorování pro vybrané sídelní jednotky $m$ ....	184
<b>Tabulka 33</b> Sídelní jednotky $m$ , které byly metodou studentizovaných reziduí určeny jako odlehlá pozorování.....	185
<b>Tabulka 34</b> Odhady počtu spojů ve vybraných sídelních jednotkách $m$ , chyby těchto odhadů vypočtených vícenásobnou lineární regresí a nové hodnoty identifikátoru sídelních jednotek pro ordinální pořadí dle velikosti čtverců chyb odhadu pro subset $\gamma_{opt}$ .....	188
<b>Tabulka 35</b> Odvození statistické významnosti jednotlivých parametrů $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$ .....	191
<b>Tabulka 36</b> Výsledné odhady počtu spojů ve vybraných sídelních jednotkách $m$ a chyby těchto odhadů vypočtených hřebenovou regresí včetně porovnání s referenčním stavem.....	194
<b>Tabulka 37</b> Míra vlivu jednotlivých proměnných na výsledný počet spojů $\Omega_j^m$ ve vybraných sídelních jednotkách $m$ .....	203

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1</b> Grafické znázornění principu metody nejmenších čtverců pro lineární regresi s jednou a dvěma nezávislými proměnným .....	70
<b>Obrázek 2</b> Ovlivnění metody nejmenších čtverců odlehlými pozorováními .....	77
<b>Obrázek 3</b> Ilustrace posunu odhadu lineární regresní funkcí aplikací robustní regrese .....	94
<b>Obrázek 4</b> Schématické znázornění metodiky .....	153
<b>Obrázek 5</b> Vymezení okresu Ústí nad Labem a síť dopravní infrastruktury na jeho území .	154

## SEZNAM ZKRATEK

BSR	Best Subset Regression Regrese výběru nejlepšího podvzorku
ČSÚ	Český statistický úřad
EAO	Ekonomicky aktivní obyvatelstvo
ES	Evropské společenství
GCV	Generalized Cross-Validation Zobecněná křížová validace
HKB	Hoerl, Kennard, Baldwin Estimator Hoerlův, Kennardův a Baldwinův odhad
CHKO	Chráněná krajinná oblast
IDS	Integrovaný dopravní systém
KORDIS JMK	Koordinátor dopravního integrovaného systému Jihomoravského kraje
KORID LK	Koordinátor veřejné dopravy Libereckého kraje
KOVED	Koordinátor veřejné dopravy Zlínského kraje
LASSO	Least Absolute Shrinkage and Selection Operator Operátor nejmenšího absolutního zkrácení odhadu a výběru
LAU	Local administrative unit Místní správní jednotka
LISA	Local indicators of spatial association Lokální indikátory prostorové asociace
LITRA	Ligue suisse pour l'organisation rationnelle du trafic Informační služba veřejné hromadné dopravy
LMS	Least median of squares Metoda nejmenšího mediánu čtverců
LTS	Least trimmed squares Metoda nejmenších useknutých čtverců
L-W	Lawless-Wang Estimator Lawless-Wangův odhad

MHD	Městská hromadná doprava
MME	MM-Estimators MM-odhady robustní regrese
MNČ	Metoda nejmenších čtverců
MSE	Mean Squared Error Střední kvadratická chyba
MÚK	Mimoúrovňová křižovatka
PLS	Partial Least Squares Metoda hlavních komponent
QQ	Quantile - quantile plot Graf rozložení kvantilů
RMSE	Root Mean Squared Error Střední kvadratická chyba
ROPID	Regionální organizátor Pražské integrované dopravy
ROV	Rozkaz o výluce
SAS	Statistical Analysis System Systém statistické analýzy
SE	S-Estimators S-odhady robustní regrese
SRN	Spolková republika Německo
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, s.o.
VHD	Veřejná hromadná doprava

## ÚVOD

Lidská společnost má k dopravě dlouhodobě velmi blízký vztah. Bez kvalitní dopravy by nikdy nebyl možný historický vývoj ve svém rozsahu a komplexnosti. Ve svých podobách od individuální po hromadnou je doprava motorem a zároveň nutnou podmínkou ekonomické výkonnosti současné civilizace. I dnes je zajištění přepravních potřeb obyvatel jedním ze základních ukazatelů životního standardu na daném území, proto je třeba vnímat zajištění dopravní obslužnosti jako významný problém ve vztahu ke každému území. Pro její správné zajištění je třeba porozumět přepravním potřebám v daném regionu, dokázat občanům nabídnout kvalitní službu splňující současné požadavky na mobilitu a podílet se tak na rozvoji daného území, protože adekvátní dopravní obslužnost je nezbytnou podmínkou dalšího udržitelného rozvoje.

Přestože je dopravní obslužnost po mnoho desítek let samozřejmou součástí veřejných služeb zajišťovaných územními samosprávnými celky na území České republiky i bývalého Československa, současný vývoj a jeho situace přináší zcela nové problémy a výzvy. Dynamický vývoj posledních tří dekad přinesl nebývalé množství změn, které se na dopravní obslužnosti musí projevit. Růst stupně motorizace a s tím spojený individuální automobilismus, zvyrazňující se regionální disproporce ve vývoji i hospodářské výkonnosti, oslabení lokální koncentrovanosti průmyslové výroby, politická a společenská integrace do západoevropských struktur vedoucí k růstu životní úrovně, suburbanizace a šíření urban sprawlu, změny společenských a kulturních trendů, tlak na integraci dopravních subsystémů a neustálý tlak na snižování nákladů vedou k dalším požadavkům na dopravní obslužnost, na které musí její vývoj reagovat.

Dopravní obslužnost lze charakterizovat mnoha technologickými i ekonomickými ukazateli včetně jejich kombinace pro technicko-hospodářské rozborů, stejně jako její benefity a náklady patří do pestré množiny dopadů s různou mírou jejich kvantifikovatelnosti a případné monetarizovatelnosti. Je patrné, že se jedná o velmi složitou multidisciplinární problematiku. Vzhledem ke komplexnosti této problematiky a rozsáhlým dopadům do mnoha oblastí života není možné obsáhnout všechny aspekty pomocí jednoduchých vztahů a postupů. Právě významný dopad do běžného života obyvatel však vede k tomu, že se jedná spíše o politickou než odbornou věc a rozhodující vliv na podobu dopravní obslužnosti mohou ve specifických případech mít rozhodnutí politická, a to na krajské, celostátní i evropské úrovni.

Hodnocení stavu, jak kvalitně je dopravní obslužnost zajištěna, do jaké míry jednotlivé faktory determinují její rozsah a do jaké míry optimálně reaguje na přepravní potřeby obyvatel za daných okolností, především s daným limitem finančních prostředků vynaložených na její zajištění z veřejných zdrojů, je vzhledem k mnoha sociálním, politickým, demografickým a ekonomickým faktorům, jejichž komplex samotné zajištění ovlivňuje, velice náročné.

Disertační práce ve své úvodní části představí podrobnou analýzu současného stavu v oblasti tématu disertační práce. Tato analýza vyjde z rešerše tuzemské i zahraniční odborné literatury a z analýzy a syntézy poznatků o významu veřejné dopravy, jejím zajištění institutem dopravní obslužnosti s důrazem na vývoj a aktuální situaci v České republice a reálný rozsah dopravní obslužnosti na území České republiky. Podstatou analýzy bude identifikace faktorů, které bude třeba statisticky vyšetřit jako možné determinanty rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách, tyto faktory podrobí detailnímu rozboru. Následně budou poznatky a závěry shrnuty a kriticky zhodnoceny.

Na první kapitulu naváže výtčení a přesné vymezení cílů disertační práce. Hlavním cílem navrhované disertační práce bude sestavit metodiku hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách regionu s využitím matematicko-statistického modelu k odvození predikovaného počtu spojů veřejné hromadné dopravy. Matematicko-statistický model odhadne počet spojů dopravní obslužnosti za časovou jednotku v jednotlivých analyzovaných sídelních jednotkách na základě určení míry vlivu jednotlivých vyšetřovaných determinantů a porovná jej se skutečným stavem. V navazující části budou teoreticky představeny vhodné vědecké metody, které jsou v disertační práci užity k dosažení výtčeného cíle s důrazem na prognostické metody zahrnující pokročilé regresní modely.

Vlastním řešením představeným v práci bude navržení, sestavení a aplikace metodiky tvorby modelu k odvození predikovaného počtu spojů veřejné hromadné dopravy v jednotlivých sídelních jednotkách regionu. Metodika bude zaměřena v první fázi na identifikaci faktorů determinujících rozsah dopravní obslužnosti, ve druhé fázi pak na určení míry vlivu těchto faktorů na výslednou podobu dopravní obslužnosti. Touto metodikou sestavený výsledný model bude otestován v reálných podmínkách vybraného regionu – okres Ústí nad Labem v Ústeckém kraji. Na aplikaci modelu naváže diskuse, shrnutí a kritické zhodnocení aplikace modelu, které bude také zaměřeno na objektivní posouzení silných a slabých stránek navržené metodiky i samotného modelu a přinese náměty, které mohou v budoucnu vést k dalšímu rozvoji. Přínosy doktoranda k rozšíření vědeckého poznání budou pak představeny v poslední kapitole této disertační práce.



# 1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU V OBLASTI TÉMATU DISERTAČNÍ PRÁCE

První kapitola disertační práce se zabývá analýzou současného stavu v oblasti zkoumaného tématu, vychází z podrobné rešerše dostupné tuzemské i zahraniční literatury. Kapitola je zaměřena na vymezení tématu disertační práce, s ním úzce související problematiky a zasazení tématu do kontextu soudobé společnosti. Kapitola vychází ze širšího pohledu na dopravu sestaveného v oddílu 1.1, následně se zabývá detailněji již dopravou veřejnou (oddíl 1.2), její sociální dimenzí (oddíl 1.3), která je zásadní z pohledu dopravní obslužnosti, institut dopravní obslužnosti je v návaznosti na předchozí detailně představen v oddílu 1.4, následuje pohled přímo na situaci v České republice, kde se autor zabývá stavem veřejné dopravy (oddíl 1.5) a následně i aktuální podobou dopravní obslužnosti (oddíl 1.6). Na představení dopravní obslužnosti i jejích českých specifíků navazuje vymezení faktorů, které ovlivňují rozsah dopravní obslužnosti, v oddílu 1.7, tento oddíl je nosnou částí analýzy současného stavu. V dalším oddílu 1.8 se autor zaměřuje na modelování dopravy v kontextu rozsahu dopravní obslužnosti. Poslední oddíl 1.9 obsahuje kritické zhodnocení analýzy současného stavu.

## 1.1 Doprava

Termín doprava má několik významů, dle Šotkovského (2002) lze dopravu chápat ve třech významových rovinách:

1. Doprava jako cílevědomá (organizovaná) lidská činnost uskutečňující žádoucí změnu prostorových poloh přemísťovaného souboru objektů.
2. Doprava jako odvětví národního hospodářství, které vede k celkovému rozvoji společnosti a růstu životní úrovně.
3. Doprava jako výzkumný obor, samostatná vědní disciplína.

Z pohledu disertační práce je kladen akcent na první představenou významovou rovinu, v souladu s ní Švadlenka (2006) a Brinke (1999) dopravu definují jako záměrné a organizované přemístění věcí a osob uskutečňované dopravními prostředky po dopravních cestách. Nezastupitelný význam dopravy lze spatřovat nejen v současné době, ale v průběhu celé historie lidstva, jejíž rozvoj právě doprava determinovala. Říha (2010) prezentuje, že úzký vztah mezi dopravou a ekonomikou může být demonstrován ve stoletích lidské existence mnoha příklady, doprava je základním elementem obchodu, který vedl k rozvoji a globalizaci. I v dnešní společnosti je doprava zásadním fenoménem, je jedním ze základních pilířů ekonomické výkonnosti a růstu současné společnosti, determinuje výkonnost

průmyslové výroby i mobilitu obyvatel, která je dnes chápána jako jeden z prostředků osobní svobody (Pang a Sun, 2014; Pečený, Gašparík a Dolinayová, 2014; Česko, 2013; Evropská komise, 2011; Drahotský, 2010). Burian et al. (2018) a Bergstad et al. (2011) uvádí, že role dopravy a mobility v populaci v současnosti ještě vzrostla díky silné vazbě na ekonomický růst a technologický pokrok. Je zřejmé, že doprava je specifické odvětví hospodářství, přesto v něm platí všechny základní ekonomické vztahy a tržní principy (Samuelson a Nordhaus, 1995). Kampf et al. (2006) zdůrazňují, že lze najít standardní vztah nabídky a poptávky, jejich rovnovážný bod a charakterizovat tržní změny pomocí posunu po jejich křivkách i celých křivek. Kromě vazby na ekonomiku je doprava také důležitou podmínkou rozvoje sociálních aktivit, doprava a jí zajištěná mobilita mají hlavní vliv a dopad na sociální strukturu soudobé společnosti (Duchoň, 2010; Kraft a Vančura, 2009). Mobilita zároveň podporuje ekonomický rozvoj (Schmeidler, 2010). Pova (2009) zdůrazňuje, že mobilita je základní podmínkou pro realizaci socioekonomického života společnosti. Doprava zajišťuje přístup všech věkových skupin obyvatelstva k sociálním službám i občanské vybavenosti (Mirvald, 1993). Obdobně Aidoo et al. (2013) považují dopravní systém za spolehlivý indikátor nejen ekonomického rozvoje, ale i za sociální službu.

Duchoň (2010) dále uvádí, že ekonomický růst, konkurence a zaměstnanost závisí na bezchybné funkci dopravního systému. Dopravní systém je definován čtyřmi základními faktory – prostorovým faktorem, časovým faktorem, informacemi a kapacitou (Kittelsohn & Associates et al., 2003). Dle Hadase (2013) prostorový faktor determinuje, kde je přepravní služba zajištěna, časový faktor definuje, kdy je služba zajištěna, informace přibližují, jak službu využít a kapacita definuje dostupný prostor pro uživatele služby, tedy cestující. Veřejné dopravní systémy se pak skládají z různých částí fyzické infrastruktury, tedy z pozemních komunikací, drah, tras a zastávek, které jsou reprezentovány komplexní množinou dat o místu a času (Ceder, 2007; Vuchic, 2005). Duchoň (2010) považuje za zásadní první dva jmenované faktory, prostorový a časový faktor. Ševrović, Brčić a Kos (2015) uvádí, že uživatelé dopravních systémů tyto systémy využívají s cílem naplnit jejich potřebu přepravy bez ohledu na charakter cest, tedy zda se jedná o cesty soukromé či obchodní. Ševrović, Brčić a Kos (2015) chápou poptávku po přepravě i její nabídku jako funkci každodenních životních aktivit. Významnou roli uživatelů už při utváření dopravních systémů akcentují Mrkajić a Anguelovski (2016), Cascetta et al. (2015) a Watson (2012), ti dopravní systémy charakterizují jako komplexní sociotechnické systémy.

Pozitivní vliv dopravy na ekonomický růst obecně není zpochybňován, oproti němu je však zásadním problémem spojeným s růstem dopravy její udržitelnost. Většina definic

chápe udržitelnost ve třech dimenzích – environmentální, sociální a ekonomické (Buehler a Pucher, 2011a, 2011b; Banister, 2005; Committee for the Conference on integrating sustainability into surface transportation planning, 2005; World Bank, 1996). Buehler a Pucher (2011a) dále uvádí, že důraz je ale v praxi kladen převážně na hledisko environmentální. Environmentální dopady jsou vědecky popsány v mnoha studiích (v evropském kontextu především Evropská komise, 2010) i s přístupy, které vedou k udržitelnosti v dopravě. Omezování dopravy a mobility však není přijatelné, snahou je zvýšit modal split udržitelných dopravních módů (Mrkajić a Anguelovski, 2016; Evropská komise, 2011). Obecně je přijímán konsensus, že individuální automobilová doprava v současném rozsahu udržitelná není, zatímco veřejná doprava a nemotorizované dopravní módy udržitelné jsou (Lidestam, Camén a Lidestam, 2018; Veeneman a Mulley, 2018; Paulsson et al., 2018; Istrate, 2016; Horňák, Struhár a Pšenka, 2015; Chiou, Jou a Yang, 2015; Manaugh, Badami a El-Geneidy, 2015; Santos et al., 2013; Cruz, Barata a Ferreira, 2012; Buehler a Pucher, 2011b; Black, 2010). Veřejná doprava je jedním z klíčových elementů široké strategie boje proti nadužívání individuální automobilové dopravy (Šťastná a Vaishar, 2017; Cruz, Barata a Ferreira, 2012; Evropská komise, 2011; EU, 2007; Eaton a Holding, 1996).

## 1.2 Veřejná doprava

V obecné rovině bývá veřejná doprava chápána jako sdílená dopravní služba (Teodorović a Janić, 2017). Širší význam pojmu „veřejná doprava“ představují Paget-Seekins a Tironi (2016), kteří udávají „veřejnost“ dopravy ve čtyřech rovinách:

1. Dopravní systém, který je sdílený a otevřený veřejnosti obvykle po zakoupení jízdního dokladu jako opak soukromé dopravy.
2. Veřejné vlastnictví dopravního systému, případně systém provozovaný soukromou společností, ale financovaný z veřejných zdrojů.
3. Veřejná doprava jako veřejné blaho, systém, ze kterého společnost získává benefity, aniž by tento systém přímo užívala.
4. Veřejné téma ve smyslu problematiky, která je otevřena politické debatě na veřejnosti.

V českém kontextu je veřejnou dopravou chápána doprava, která je zajišťována k uspokojení cizích přepravních potřeb a je přístupná podle předem vyhlášených pravidel, v českém prostředí je termín kodifikován zákonem o silniční dopravě (Benediktová a Chlaň, 2010; Česko, 1994a). V českých podmínkách lze tedy veřejnou dopravu ztotožnit především s první významovou rovinou představenou Paget-Seekinsem a Tironim (2016),

veřejnou hromadnou dopravu, tedy veřejnou dopravu zajišťující hromadnou přepravu osob. Veřejná hromadná doprava zajišťuje obdobné přepravní potřeby jako doprava individuální, především dopravu do zaměstnání, edukačních institucí, zdravotnických zařízení a za dalšími službami, snižuje však náklady na dopravu (Aidoo et al., 2013; Dubé et al., 2011). Znakem veřejné hromadné dopravy, který ji však odlišuje od dopravy individuální, je využití dopravních prostředků umožňující přepravu většího množství cestujících, kteří jsou přepravováni dopravním prostředkem ve stejný čas (Teodorović a Janić, 2017).

Výkonnost veřejné dopravy může být měřena dle její schopnosti zvyšovat mobilitu obyvatel, efektivně naplňovat ekonomické potřeby a dle jejího dopadu na životní prostředí (Mamun et al., 2013). Dle Melichara a Drahotského (2007) v souladu s Ministerstvem dopravy ČR (2006) ovlivňuje veřejná doprava výrazně především následující oblasti:

- sociální oblast, kde zajišťuje přepravní potřeby osob, které nevlastní nebo nemohou využít osobní automobil,
- využití prostoru, protože oproti individuální automobilové dopravě využívá výrazně méně místa,
- environmentální, neboť poškozují životní prostředí výrazně méně,
- bezpečnost, jedná se o výrazně bezpečnější variantu oproti individuální automobilové dopravě,
- rovnoměrnost regionálního rozvoje, protože se jedná o důležitý aspekt udržitelného regionálního rozvoje.

Vliv na regionální rozvoj zdůrazňují i další autoři, mimo jiné Aidoo et al. (2013), Deng a Nelson (2010), Kraft a Vančura (2009), Pova (2009), Rodrigue, Comtois a Slack (2006) a Wokoun (2006), v souladu s tím Hilmola (2011) a Qin (2008) popisují, že vliv je vzájemný, význam veřejné dopravy vzrůstá díky pokračující urbanizaci a potřebě zajistit spojení příměstských oblastí a regionů s centry měst. Zároveň nerovnoměrné tempo růstu mobility také vede k rozdílům v regionálním rozvoji (Silaghi, 2010).

Veřejná hromadná doprava cestujících je významně závislá na množství potenciálních cestujících v oblasti, kde je posuzována (Hilmola, 2011; Karathodorou, Graham a Noland, 2010; Karttunen, Hilmola a Saranen, 2010; Lao a Liu, 2009). Z tohoto důvodu jsou dosavadní analýzy převážně zaměřeny na velká města a významnější konurbánní oblasti, kde je větší možnost dosahovat efektivnější veřejné dopravy z komerčního pohledu (Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015; Hilmola, 2011; Jain, Cullinane a Cullinane, 2008; Odeck, 2008). Zásadní

význam však přisuzují Šťastná, Vaishar a Stonawská (2015) veřejné dopravě právě ve venkovských oblastech.

### **1.3 Sociální dimenze veřejné dopravy**

Všeobecná shoda panuje na významu veřejné dopravy v sociální oblasti, jasným důkazem je především nepopíratelný vliv veřejné dopravy na mobilitu, dostupnost služeb a aktivit (Daldoul, Jarboui a Dakhlaoui, 2016; Serulle a Cirillo, 2016; Horňák, Struhár a Pšenka, 2015; Daniels a Mulley, 2013; Ministerstvo dopravy ČR, 2006). Možnost přepravovat se je základní potřebou, která umožňuje přístup a tvorbu sociálních sítí a může být považována za jedno ze základních práv v demokratické společnosti (Wixey et al., 2003; Kenyon, Lyons a Rafferty, 2002; Burchardt, Le Grand a Piachaud, 1999). Podle Schmeidlera (2010) je mobilita esenciální podmínkou sociální emancipace. Studie prokazují úzký vztah mezi mobilitou, dostupností občanské vybavenosti a sociálním vyloučením (Jaramillo, Lizárraga a Grindlay, 2012; Květoň et al., 2012; Delbosc a Currie, 2011). Sociálním vyloučením jako jevem, který se v soudobé společnosti objevuje ve spojitosti s více faktory včetně nedostatečné veřejné dopravy, se dále zabývají především Preston a Rajé (2007) a Kieselbach, Beelmann a Traiser (2002).

Poptávka po přepravě je hlavním cílem, který je sledován tradičními metodami plánování systémů veřejné dopravy především v urbánních oblastech (Daldoul, Jarboui a Dakhlaoui, 2016; Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015). Jaramillo, Lizárraga a Grindlay (2012) uvádí, že socio-ekonomické aspekty plynoucí z konceptu prostorové spravedlnosti (z angl. spatial equity) nejsou brány v potaz, vzniká tak dopravní nevýhoda (z angl. transport disadvantage) lidí žijících v určitých regionech, kde není prostorová spravedlnost řešena. Black, Páez a Suthanaya (2002) a Kenyon, Lyons a Rafferty (2002) uvádí, že zahrnutí sociální dimenze do plánování veřejné dopravy je nutnou podmínkou udržitelné mobility. Dostupnost veřejné dopravy Mamun et al. (2013) definují jako soubor kvalitativních parametrů služby a fyzikální proximity k zastávkám veřejné dopravy, který je podmíněn také dostupností časovou. Fyzikální proximitu promítnutou do docházkové vzdálenosti považuje za zásadní mnoho autorů, mimo jiné Delbosc a Currie (2011), Biba, Curtin a Manca (2010), Currie (2010), Kimpel, Dueker a El-Geneidy (2007), Zhao et al. (2003) a Hsiao et al. (1997). Snížená dostupnost veřejné dopravy a s ní i snížená mobilita, především v rozvojových zemích, vede k sociálnímu vyloučení, které dopadá především na okrajové skupiny obyvatel s omezenými možnostmi využití příležitostí (Šťastná a Vaishar, 2017; Istrate, 2016; Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015; Boruta a Ivan, 2010; Tran a Schlyter, 2010; Sohail a Maunder,

2007; Sohail, Maunder a Cavill, 2006; Urban Resource Centre, 2001; Vasconcellos, 2001; Cervero, 2000; Gacitúa-Marió, Sojo a Davis, 2000; Barter, 1998).

Toušek (2007) definuje prostorové vyloučení skupiny obyvatel jako specifický typ sociální exkluze, která je způsobena špatně překonatelnou či nepřekonatelnou vzdáleností od místa, kde probíhají primární společenské aktivity a jsou plněny potřeby jedinců. Květoň et al. (2012) uvádí, že důvody prostorové sociální exkluze existují uvnitř i vně skupiny, typickým příkladem je periferní lokace ve vztahu k centru poskytujícímu základní společenské služby.

Sociální inkluze ohrožených skupin obyvatel vyžaduje významné finanční zdroje, které povedou k realizaci opatření zlepšujících veřejnou dopravu a její kvalitu (Jaramillo, Lizárraga a Grindlay, 2012). Zároveň je třeba sledovat dostupnost veřejné dopravy všem skupinám obyvatelstva, neboť sociální diference v přístupu k novým technologiím tříští sociální kohezi jednotlivých skupin obyvatel (Schmeidler, 2010).

Významnou sociální skupinou, často závislou na veřejné dopravě, jsou senioři, jejichž počet i podíl na celkové demografické struktuře v rozvinutých zemích stoupá (Alsnih a Hensher, 2003). Schmeidler (2010) uvádí, že udržení mobility seniorů v souladu s evropskou dopravní a sociální politikou je základním elementem integrace seniorů do současné společnosti, protože senioři chtějí zůstat autonomní a nezávislí, k čemuž nutně potřebují kvalitní veřejné služby v potřebném rozsahu, pokles mobility seniorům zamezuje vést nezávislý život, což vede k dalším sekundárním problémům s jejich izolací a zdravím.

Nekvalitně zajištěná veřejná doprava ohroženým skupinám obyvatel nedokáže zabezpečit jejich sociální inkluzi. Podle Cebollady (2009) jsou lidé, kteří jsou odkázáni jen na veřejnou dopravu, vylučováni z pracovního trhu. Jeho výzkum v oblasti barcelonského metropolitního regionu ukazuje, že tento problém se nejvíce týká právě už jinak znevýhodněných skupin obyvatel, kam Cebollada (2009) v souladu i se svým předchozím výzkumem řadí ženy, mladé dospělé a imigranty, na rozdíl od Schmeidlera (2010) sem neřadí seniory (vzhledem k povaze jeho studie však senioři nebyli cílovou analyzovanou skupinou).

V souladu s výše uvedeným, specifickou skupinou, která může být sociálně znevýhodněna veřejnou dopravou, jsou ženy, především ve venkovských oblastech (Ranković Plazinić a Jović, 2014). Ženy, především v méně ekonomicky rozvinutých regionech, jsou více závislé na veřejné dopravě, neboť v otázce možnosti využití individuální automobilové dopravy jsou „až druhé v řadě“, jak uvádí Ranković Plazinić a Jović (2014) a Dobbs (2005), navíc často ani nemají řidičské oprávnění (Turner a Fouracre, 1995). Daldoul, Jarboui a Dakhlaoui (2016), Šťastná, Vaishar a Stonawská (2015) a Nutley

a Thomas (1992) generalizují množinu sociálních skupin závislých na veřejné dopravě na všechny osoby, které nemohou užít osobní automobil. Tyto vrstvy obyvatel též postihuje selektivní sociální exkluze, jako hlavní nástroj řešení této exkluze vidí Šťastná a Vaishar (2017), Lucas (2012) a Marada a Květoň (2010) veřejnou dopravu, která je díky své sociální a integrační funkci kompenzací nedostupnosti osobního automobilu.

Vývoj v posledních desetiletích vede k suburbanizaci a s ní spojené intenzivní výstavbě silniční infrastruktury, která spolu s ostatními jevy stimuluje a propaguje využívání osobních automobilů, jehož podíl na celkovém dopravním výkonu roste především v rozvojových zemích (Fu a Juan, 2017; Mrkajić a Anguelovski, 2016; Horňák, Struhár a Pšenka, 2015; Gregorc a Krivec, 2012; Bass, Donoso a Munizaga, 2011; Hilmola, 2011). Rozvoj veřejné dopravy oproti tomu efektivně nereaguje na rostoucí potřebu mobility, což je dalším důvodem pro užití osobního automobilu (Nasibov, Diker a Nasibov, 2016). Tento jev je běžný ve všech ekonomikách přecházejících na tržní hospodářství, detailně je na příkladu lublaňské oblasti popsán Gregorcem a Krivcem (2012). Příkladem dlouhodobě neřešeného růstu podílu individuální automobilové dopravy na celkovém objemu dopravy jsou země západní Evropy a USA, kde v poválečném vývoji druhé poloviny 20. století osobní automobily ve venkovských oblastech postupně vytlačily veřejnou dopravu (Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015; Buehler a Pucher, 2011b; Boruta a Ivan, 2010). S klesající hustotou osídlení od městských oblastí směrem do regionu k venkovu roste intenzita užívání individuální automobilové dopravy (Schwanen, Dieleman a Dijst, 2001). Šťastná a Vaishar (2017) upozorňují, že v roce 2011 stále dojíždělo v České republice za zaměstnáním 35,6 % ekonomicky aktivního obyvatelstva ve venkovských oblastech, malé a velmi malé venkovské sídelní jednotky pod 200 obyvatel nemají obvykle zajištěny žádné či téměř žádné sociální služby, musí dojíždět za nákupy, základní lékařskou péčí i za kulturou. Zajištění dopravního spojení do mikro-regionálních center je tak zásadní pro rozvoj venkova a zabraňování jeho vysídlování (Šťastná a Vaishar, 2017; Boruta a Ivan, 2010; Gray, 2001; Great Britain, 1999). Čtyři základní důvody, proč je klíčová veřejná hromadná doprava na venkově, shrnují Weir a McCabe (2009), zaprvé jde o zabránění sociální exkluzi, především ve vztahu k osobám, které nemají osobní automobil, zadruhé veřejná doprava přivádí návštěvníky a turisty, zatřetí se jedná o podporu místní ekonomiky, veřejná doprava zajišťuje dopravu do zaměstnání často jako jediná možnost pro místní obyvatele v chudších oblastech, a začtvrté veřejná doprava zabraňuje signifikantnímu nárůstu osobní automobilové dopravy na venkovských sítích pozemních komunikací, které nejsou na takovou zátěž připravené. Gray (2001) v této

souvislosti uvádí, že problém veřejné dopravy v rurálních oblastech je často homogenizován, přestože mezi jednotlivými oblastmi jsou zásadní rozdíly v dopravních potřebách.

Při snaze zamezit přechodu z veřejné dopravy na individuální automobilovou je třeba zaměřit se na potřeby cestujících a jejich motivy vedoucí k užití automobilu. Bass, Donoso a Munizaga (2011) uvádí, že v tomto kontextu jsou zásadní cestující pravidelně dojíždějící za jejich hlavní aktivitou – zaměstnáním či vzděláním. Výsledky výzkumů ukazují, že uživatelé osobních automobilů by omezili jejich užívání, pokud by veřejná doprava byla frekventovanější a spolehlivější (Aidoo et al., 2013; Cullinane, 1992). Meško a Chovancová (2015) a Pečený, Gašparík a Dolinayová (2014) generalizují uvedený pohled do přístupu, že záměrem veřejné dopravy je vybudovat systém konkurenceschopný individuální automobilové dopravě. Miralles-Guasch, Martínez Melo a Marquet Sarda (2014) ve svém výzkumu uvádí, že zásadním důvodem pro užití osobního automobilu je sociální status jeho uživatele, oproti tomuto jsou už další dva nejvýznamnější důvody – časová úspora a pohodlí – minoritní. Analogická situace vnímání automobilu jako symbolu vysokého sociálního statutu je patrná i v ČR (Burian et al., 2018; Šťastná a Vaishar, 2017; Seidenglanz, Nigrin a Dujka, 2015; Boruta a Ivan, 2010; Doležalová a Ouředníček, 2006; Urbánková a Ouředníček, 2006). Marada a Květoň (2010) a Urry (1999) tento fenomén označují jako „kult automobilu“. Oproti těmto autorům však Ministerstvo dopravy ČR (2015) předpokládá, že období nadměrné individualizace dopravy využíváním osobních automobilů je v ČR již překonáno.

Dle van de Veldeho (1999) je veřejná doprava službou nabízenou na trhu v ekonomickém slova smyslu, je zde tedy nabídka, poptávka a cena, která je placena za užití služby bez ohledu na její případnou výši nastavenou neekonomicky nízko. Z tržního pohledu tedy nemůže veřejná doprava být vždy optimální volbou pro každého uživatele. Vývoj v rozvojových zemích demonstruje, že růst ekonomické výkonnosti země vedoucí k nárůstu mezd zároveň způsobuje pokles využití veřejné dopravy, ve které narůstá podíl kategorie ekonomicky slabších cestujících, často sociálně vyloučených (Ševrovič, Brčić a Kos, 2015). Ekonomicky neznevýhodnění jedinci s růstem životní úrovně častěji volí individuální automobilovou dopravu (Ponický, Kendra a Lupták, 2014). Tento trend logicky vede k poklesu tržeb výraznějším, než je pokles počtu cestujících, protože roste podíl cestujících ze sociálních skupin, které jsou často na veřejnou dopravu odkázáni. Těmto cestujícím jsou z důvodu zajištění dostupnosti veřejné dopravy a zabránění jejich sociálnímu vyloučení obvykle nabídnuty zvláštní tarifní podmínky, které jim garantují levnější jízdné (Drevs et al., 2014; Cruz, Barata a Ferreira, 2012; Jaramillo, Lizárraga a Grindlay, 2012; Serebrisky et al.,



2009; Gwilliam, 2008; EU, 2007; Lucas, 2006; Evropská komise, 2001; Tisato, 1998; Bly, Webster a Pounds, 1980). V případě absence podpory levnějšího jízdného pro sociálně slabší skupiny obyvatelstva by došlo k významnému poklesu poptávky a následně k omezení dopravních služeb (Ševrović, Brčić a Kos, 2015). Některé studie přináší závěry, že obecně prospěšné je snižovat ceny jízdného paušálně pro všechny skupiny cestujících za účelem navýšení podílu veřejné hromadné dopravy na celkovém přepravním výkonu oproti individuální automobilové dopravě (Cruz, Barata a Ferreira, 2012; Marsden, 2006; Dorsey, 2005; Brown, Hess a Shoup, 2001). Oproti těmto studiím však existuje i silná polemika, která naznačuje, že snížení cen jízdného vede pouze k mírnému nárůstu počtu cestujících, kteří se přesunou z individuální automobilové dopravy (Serulle a Cirillo, 2016; Karlaftis a McCarthy, 1998; Pucher, Markstedt a Hirschman, 1983).

#### **1.4 Dopravní obslužnost**

V současnosti je veřejná hromadná doprava obecně charakterizována vysokým stupněm státních intervencí, které jsou prováděny za účelem zajištění dvou cílů, zaprvé zabránění tržním selháním a zadruhé nedostatečné uspokojení přepravních potřeb zajištěných trhem ze socio-politického pohledu (Aarhaug a Fearley, 2016; van de Velde, 2004). Přestože jsou význam a přínosy veřejné dopravy nesporné a z národohospodářského hlediska je její existence dokonce nezbytná, dosáhnout ziskovosti veřejné hromadné dopravy osob je extrémně náročná úloha (Teodorović a Janić, 2017; Hilmola, 2011; Ministerstvo dopravy ČR, 2006).

S nárůstem individuálního automobilismu v 60. a 70. letech 20. století došlo k výraznému omezení využívání veřejné hromadné dopravy především z důvodu dynamického růstu počtu osobních automobilů mezi dřívějšími uživateli veřejné hromadné dopravy (Mouwen a van Ommeren, 2016; Gray, Shaw a Farrington, 2006). V této době se začala objevovat systémová ztrátovost veřejné hromadné dopravy (Maczkovics, van Calster a Martens, 2010; Evropské hospodářské společenství, 1970, 1969).

Celosvětově je veřejná hromadná doprava výrazně subvencována z veřejných rozpočtů, tržby vybrané od cestujících zdaleka nepokrývají její náklady (Drevs et al., 2014; Tscharaktschiew a Hirte, 2012). Ubbels a Nijkamp (2002) uvádí, že prakticky všechny systémy veřejné dopravy jsou provozovány se ztrátou, v souladu s tím je i česká dopravní politika. *„Veřejná doprava má velký význam pro společnost, ale na řadu dopravních služeb potřebuje vnější příspěvky, označované jako kompenzace, vyrovnávací platby. Je přijímáno jako obecně platný axiom, že rozsah a kvalita veřejné dopravy, která je v současné době*

*poskytována, by nemohla být zajišťována bez těchto veřejných intervencí.“ (Ministerstvo dopravy ČR, 2006, s. 3)*

Ljungberg (2016), Steer Davies Gleave (2016), Ralević et al. (2012) a Weir a McCabe (2009) uvádí, že veřejná doprava nemůže být zisková ve standardním ekonomickém pohledu, ale je třeba ji hodnotit jako veřejnou službu. Za službu v obecném zájmu označuje veřejnou dopravu i Peltrám (2014) či EU (2007). Tomson a Roos (2009) přichází se závěrem, že veřejná linková doprava, především v rurálních periferních oblastech, musí být veřejně finančně podporována, v souladu s tím Weir a McCabe (2009) dochází k závěru, že veřejná doprava ve venkovských oblastech nikdy nebude zisková. Potřebu regulovat trh v situaci, kdy provoz veřejné dopravy bez podpory není možný, akcentuje i evropská legislativa. *„Mnoho služeb v pozemní přepravě cestujících, které jsou z hlediska obecného hospodářského zájmu nezbytné, nemůže být v současné době provozováno na obchodním základě. Příslušné orgány členských států musí mít možnost zasáhnout s cílem zajistit poskytování těchto služeb.“ (EU, 2007, s. 1)*

K zajištění veřejné dopravy je užíván institut dopravní obslužnosti. Různými způsoby implementované do legislativy užívají veřejné služby v přepravě cestujících všechny rozvinuté i mnohé rozvojové země (Ayadi a Hammami, 2015; Ševrović, Brčić a Kos, 2015; Tšcharaktschiew a Hirte, 2012; Rolim, Brasileiro a Santos, 2010; Gwilliam, 2008; Bouf a Hensher, 2007; EU, 2007; Vuchic, 2007; Wokoun, 2006; Karlaftis a McCarthy, 1998). Veeneman a Mulley (2018) a Weir a McCabe (2009) uvádí, že veřejná doprava je podporována z veřejných rozpočtů k zajištění sociálních a environmentálních cílů skrze dopravní služby, Šťastná a Vaishar (2017) a Masoumi (2013) doplňují, že dostupnost veřejné dopravy není pouze ekonomický problém, ale i sociální a politický. Význam dopravní obslužnosti je širší než pouhé zajištění vybraných dopravních spojení. *„Objednatelé veřejné regionální dopravy tak nečiní jen proto, aby plošně zajistili minimálně vymezenou „dopravní obslužnost“, ale aby vytvořili nabídku spojení provozovanou ve veřejném zájmu.“ (Nigrin a Dujka, 2014, s. 15)*

Dopravní politika ČR zdůrazňuje synergické efekty dané spolupůsobením jednotlivých segmentů dopravy, kdy oblasti podporované z veřejných zdrojů jsou nezbytné pro fungování celého systému. *„Rozpad systému dopravní obslužnosti v důsledku plošných škrťů by se negativně projevil jak v problémech ve „fungujících“ oblastech dopravy (kongesce, nehodovost a celkové navýšení externalit), tak i v ostatních celospolečenských oblastech.“ (Česko, 2013, s. 5)*

Příslušné orgány musí zajistit svou objednávkou veřejné dopravy dlouhodobou stabilitu a rozvoj regionu (Ralević et al., 2012). Finanční tok od objednatele k dopravci není podporou tomuto dopravci, ale podporou občanům regionu, jehož dopravní obslužnost je tímto zajištěna (Ševrović, Brčić a Kos, 2015; Wokoun, 2006; Vuchic, 2005; Hanson a Giuliano, 2004). Ševrović, Brčić a Kos (2015) generalizují tuto skutečnost do závěru, že dopravní obslužnost je veřejně prospěšnou činností a že podpora veřejné dopravy nemá za cíl její efektivitu, ale dostupnost.

Ačkoliv jsou jejich cíle odlišné, součástí tvorby dopravní politiky i její realizace ve vztahu k veřejné dopravě jsou nejen provozovatelé dopravy, ale i orgány státní správy, neboť je zde regulace důležitá, především u těch služeb veřejné dopravy, kde konkurence není možná (Aidoo et al., 2013; Gatta a Marcucci, 2007). Jednotlivé územní správní orgány zajišťují veřejné služby v přepravě cestujících uzavřením smlouvy o veřejných službách v přepravě cestujících s dopravci, kterým na základě vyčíslení čistého finančního dopadu na dopravce vzniklého přijetím jejich závazku vyplácí kompenzaci (Česko, 2010a). Rozdělení území na více objednatelů na různých úrovních přibližuje objednávku veřejných služeb v přepravě cestujících lidem ze skutečně obsluhovaných oblastí (Wokoun, 2006). Ševrović, Brčić a Kos (2015) však popisují, že určení přesného podílu každého z objednatelů je velmi obtížné, jestliže spoj obsluhuje více územních samosprávních celků, které přispívají na jeho provoz, zároveň to znevýhodňuje řídkěji osídlené a geograficky izolované oblasti.

Šťastná, Vaishar a Stonawská (2015) a Badland, Garrett a Schofield (2010) uvádí, že z pohledu lokálních a regionálních autorit je zásadní dopravní obslužnost zajišťující dopravu za práci. Vzhledem k intenzivní konkurenci individuální automobilové dopravy v mnoha regionech v ČR i zahraničí je často v rámci dopravní obslužnosti zajišťován pouze minimalistický rozsah veřejné dopravy, který nepostihne všechny cesty za prací, přičemž tento nevyhovující stav dlouhodobě vede k přechodu k využívání osobních automobilů (Marada a Květoň, 2010; Gray, Farrington a Kagermeier, 2008; Hensher, 2007; Marada a Květoň, 2006; Nutley, 1998).

Systém veřejné hromadné dopravy je mezi jednotlivými zeměmi velmi odlišný a vychází především z kulturních a historických souvislostí. V mnoha zemích nástup individuální automobilové dopravy ve 2. polovině 20. století prakticky zcela veřejnou hromadnou dopravu vytlačil z venkovských oblastí, zůstaly pouze případné školní a jiné účelové svozové linky (Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015; Buehler a Pucher, 2011b; Boruta a Ivan, 2010). Pucher a Kurth (1995) uvádí, že stejný trend se intenzivně projevoval i na území západní Evropy, částečné zvrácení tohoto trendu nastalo až po zavedení prvních

integrovaných dopravních systémů (dále IDS). V současnosti v souhrnu využití veřejné hromadné dopravy v Evropě vzrostlo o 8 % mezi roky 2000 a 2012, přičemž nejvýraznější nárůst byl zaznamenán v letech 2005 až 2008, hlavním faktorem růstu byla zvýšená atraktivita veřejné hromadné dopravy (EU, 2018; Steer Davies Gleave, 2016).

Sektor veřejné dopravy v Evropě je vysoce fragmentovaný, přestože mnohé oblasti vykazují některé podobné charakteristiky, odlišují se v zásadních aspektech, v zásadě je prostředí veřejné dopravy v Evropě řízeno na úrovni národních vlád, z čehož vyplývají mnohé odlišnosti v legislativě, subvencování, struktuře trhu i způsobu uzavírání smluv o veřejných službách v přepravě cestujících (Steer Davies Gleave, 2016). Příslušné orgány v menších zemích a ostrovních státech bývají na národní úrovni, zatímco v jiných zemích je několikastupňový systém, vybrané země, mezi nimi i Bulharsko, ČR či Švédsko, mají příslušné orgány i na regionální úrovni (Paulsson et al., 2018; Steer Davies Gleave, 2016).

Základním legislativním aktem definujícím podmínky německé veřejné hromadné dopravy je spolkový zákon o přepravě cestujících (Karl, 2018; Deutschland, 1961). Ve Spolkové republice Německo je zaveden systém „öffentlicher Nahverkehr“, v překladu z německého jazyka „veřejná místní doprava“, což odpovídá dopravní obslužnosti kraje a obcí, tedy dřívější základní dopravní obslužnosti, přičemž tato řeší vztahy s cestovní vzdáleností do 50 kilometrů (Nigrin a Dujka, 2014). Německá spolková vláda má povinnost zajistit öffentlichen Nahverkehr, avšak pravomoci jsou zčásti přeneseny na vlády jednotlivých spolkových zemí (Deutschland, 1949, 1993). Konkrétní uspořádání dopravní obslužnosti závisí na zákonné úpravě v jednotlivých spolkových zemích, přičemž se podmínky v nich často výrazně odlišují (Rye et al., 2018). V posledních letech ve Spolkové republice Německo klesá podíl subvencí na cestujícího především díky organizačním změnám (vznik IDS) a outsourcingu, které vedly ke zvýšení produktivity a finanční efektivity německé veřejné hromadné dopravy (Dreves et al., 2014; Buehler a Pucher, 2011a,b).

V Bavorsku za tímto účelem vznikl zemský zákon o veřejné osobní místní dopravě (Bayern, 1996), který se zabývá městskou, příměstskou a regionální dopravou. Tento zákon definuje bavorskou dopravní politiku a její principy, deklaruje superpozici veřejné dopravy nad individuální automobilovou dopravou a tuto skutečnost odráží i v investičních plánech na rozvoj infrastruktury (Nigrin a Dujka, 2014).

*„Významným pilířem veřejné místní dopravy je zajištění dopravy školáků do škol a zpět s tím, že zavádění výlučně školních linek je sice možné, ale pouze ve výjimečných případech. Zákon předpokládá, že jízdní řád veřejné dopravy bude sestaven*

*tzv. v taktu, aby bylo možné lépe a systémově provázat jednotlivé druhy dopravy. Místní osobní doprava by měla být provozována s ohledem na zaldněnost jednotlivých území s tím, že se předpokládá její provozování jmenovitě o sobotách, nedělích a státních svátcích.“* (Nigrin a Dujka, 2014, s. 21)

Oproti Bavorsku lze vysledovat určité rozdíly ve spolkové zemi Severní Porýní – Vestfálsko. Za zajištění regionální drážní dopravy a příměstské linkové dopravy zodpovídají kraje a významná města, která jsou vyčleněna z krajského zřízení. Jednotliví objednatelé jsou sdruženi do dopravních svazů, které objednávají veřejnou dopravu na větším území, například širší okolí města Aachen. Na území sídelních jednotek pak objednávají veřejnou dopravu samy municipality, nicméně často tuto pravomoc delegují výše na dopravní svaz, k jehož území náleží (Rye et al., 2018).

Ryzhkov (2018) uvádí, že veřejná hromadná doprava v postsovětských zemích prošla po pádu Sovětského svazu turbulentním vývojem, v 90. letech došlo k převodu centrálně řízené sítě veřejné hromadné dopravy do municipální správy, celý systém byl však silně podfinancován. Systém regionální dopravy téměř zanikl s útlumem rozsahu dopravy, na trasách se silnější poptávkou byly původně státní privatizované podniky vytlačeny nástupem soukromých dopravců s jejich systémem operativně provozovaných minibusů bez pevně daných jízdních řádů a tras, tzv. maršrůtek (Ryzhkov, 2018; Sgibnev a Vozyanov, 2016; Taylor a Ciechański, 2008).

Specifická je pozice veřejné hromadné dopravy ve Švýcarské konfederaci. Přestože i ve Švýcarsku došlo k rapidnímu poklesu využití veřejné dopravy, trend se otočil v 80. letech 20. století, Schaaffkamp (2018) jako hlavní důvody úspěchu veřejné dopravy zde uvádí relativně novou infrastrukturu, nové vlakové soupravy, přímou demokracii a také kulturu pomalého rozhodování, která zachránila systém od případného rozpadu, ke kterému došlo například v Německu a Velké Británii. Využívání veřejné dopravy v zemi stále roste, stejně jako její modal split, více než polovina obyvatel má dlouhodobě předplatné jízdní doklady na veřejnou dopravu a pravidelně je využívá (EU, 2018; LITRA, 2018, 2017, 2016; Schaaffkamp, 2018).

## **1.5 Veřejná doprava v České republice**

Veřejná doprava v České republice prošla v posledních 30 letech rozsáhlými změnami ve struktuře ekonomiky i politickém a společenském životě, tyto změny vedou k mnoha dopadům, které determinují změny v dosavadním přístupu k veřejné dopravě, kdy je třeba

opustit konzervatismus v plánování, má-li i nadále veřejná doprava plnit svou úlohu (Wokoun, 2008). Mezi zásadní změny v posledních 30 letech patří:

- Transformace ekonomiky vedoucí k zániku monopolu státních podniků, vznik dopravců soukromých, kteří se chovají tržně, vstup těchto dopravců do závazkových smluv ve veřejné linkové a veřejné drážní dopravě (Ministerstvo dopravy ČR a Arriva vlaky, 2019; Ministerstvo dopravy ČR a RegioJet, 2019; Ministerstvo dopravy ČR, 2018a; Šťastná a Vaishar, 2017; Horňák, Struhár a Pšenka, 2015; Tomeš et al., 2014; Boruta a Ivan, 2010; Kraft a Vančura, 2009; Taylor a Ciechański, 2008),
- oslabení lokální koncentrace průmyslu obvykle se směnnou výrobou a pokles intenzity průmyslové výroby obecně a zároveň vznik nových průmyslových závodů a zón v místech bez předchozí tradice a přesun zaměstnanosti do terciéru (Pečený, Gašparík a Dolinayová, 2014; Wokoun, 2008),
- vznik vyšších územních samosprávních celků a rostoucí regionální disproporce, rozdílná dynamika rozvoje urbánních aglomerací a rurálních periferií v rámci regionů (Kvizda et al., 2015; Česko, 1997), výrazně odlišná dynamika rozvoje jednotlivých venkovských oblastí – zánik většiny pracovních míst rozvojem technizace zemědělství, vznik průmyslových zón, oblasti v zázemí velkých měst (Green a Meyer, 1997),
- nárůst individuálního automobilismu z důvodu dostupnosti osobních automobilů a zároveň posunu v jejich vnímání (Fava, 2013; Boruta a Ivan, 2010; Maddison, 2003; Brinke, 1999),
- změny celospolečenských trendů s vlivem na změny ve využívání volného času a zároveň posun ve vnímání dopravní obslužnosti, která by měla zajistit i kulturně společenské potřeby (Ministerstvo dopravy ČR, 2015),
- suburbanizace a vznik urban sprawlu (Ouředníček, 2013; De Vos a Witlox, 2013; Traversi, Camagni a Nijkamp, 2006),
- výraznější tlak na zvyšování efektivnosti veřejné dopravy v kontrastu s pohledem na dopravní obslužnost jako sociální službu (KORID LK, 2015),
- stárnutí populace a s tím spojený rostoucí podíl seniorů na celkovém počtu obyvatel (Schmeidler, 2010; ČSÚ, 2016a),

- růst životní úrovně a s tím spojená orientace cestujících nejen na cenu, ale i na kvalitu a další aspekty přepravní služby (Ministerstvo práce a sociálních věcí ČR, 2017; Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015),
- vznik IDS (Ministerstvo dopravy ČR, 2015; Boruta a Ivan, 2010),
- rostoucí nároky na mobilitu (Bulckaen, Keseru a Macharis, 2016).

Na území České republiky existuje dlouhodobá tradice častého dojíždění za prací veřejnou dopravou již od dob první československé republiky (Šťastná a Vaishar, 2017; Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015). Tento systém byl zachován a rozvíjen i v období socialismu, kdy totalitní Československo mělo jednu z nejhustších sítí autobusové linkové dopravy v Evropě a dojíždka do zaměstnání a škol byla prakticky plně zajišťována veřejnou hromadnou dopravou (Marada a Květoň, 2010). Ekonomika veřejné hromadné dopravy byla posuzována pouze limitovaně (Šťastná a Vaishar, 2017). Po zániku socialistického režimu na našem území došlo k masivnímu omezení do té doby velmi rozvinutého systému dopravní obslužnosti z pohledu počtu spojů a jejich frekvence s největším dopadem na venkovské periferie (Květoň et al., 2012; Marada a Květoň, 2010; Boruta a Ivan, 2010). Přestože se jednalo o plošný jev na celém území České republiky, probíhal selektivně a mezi regiony vznikly disparity přetrvávající dodnes (Marada a Květoň, 2010).

Systém byl postupně omezován efektem tzv. začarovaného kruhu dopravní obslužnosti (Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015; Květoň et al., 2012; Boruta a Ivan, 2010; Marada a Květoň, 2010). Začarovaný kruh dopravní obslužnosti lze popsat jako omezení rozsahu dopravní obslužnosti s cílem snížit náklady na veřejnou dopravu nekryté chybějícími tržbami, toto omezení vede ke snížení počtu cestujících ve veřejné dopravě, což implikuje následné opětovné snížení počtu spojů (Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015; Nutley, 1998). Boruta a Ivan (2010) přichází s hypotézou, že nižší kupní síla občanů na venkově byla důvodem k tomu, že dopady začarovaného kruhu dopravní obslužnosti byly zmírněny, protože mnozí obyvatelé si nemohli dovolit pořízení osobního automobilu jako náhradu za omezovanou veřejnou hromadnou dopravu.

Postupné omezování rozsahu veřejné dopravy vedlo k posunu ve vnímání kvality veřejné dopravy (Boruta a Ivan, 2010). Seidenglanz (2001) uvádí, že očekávání společnosti je značně negativní i v oblastech, kde k útlumu veřejné hromadné dopravy nedošlo. Schmeidler (2010) uvádí, že senioři, kteří reprezentují sociálně ohroženou skupinu, vnímají veřejnou dopravu jako méně kvalitní než před rokem 1989, přestože je díky zavedení nízkopodlažnosti pro ně systém mnohem přístupnější.

Následně od druhé poloviny 90. let docházelo k postupné stabilizaci systému, v jejímž rámci byla realizována již jen menší omezení dopravní obslužnosti venkovských oblastí (Marada a Květoň, 2010). Tato stabilizace byla završena v roce 2005 přechodem objednávky veřejných služeb v přepravě cestujících na nově vzniknuvší vyšší územní samosprávné celky – kraje (Ministerstvo dopravy ČR, 2015; Seidenglanz, Nigrin a Dujka, 2015; Květoň et al., 2012; Boruta a Ivan, 2010; Česko, 2010a, 1997; Marada a Květoň, 2010). Seidenglanz, Nigrin a Dujka (2015) uvádí, že přechod objednávky regionální dopravy plně na vyšší územní samosprávné celky (kraje) zcela změnil dosavadní centralizovaný přístup objednávky veřejné drážní dopravy Ministerstva dopravy. Od roku 2005 existuje v ČR v podstatě čtrnáct rozdílných systémů, ve kterých kraje samy zajišťují veřejné služby v přepravě cestujících s ohledem na svá specifika. „*Přenos pravomocí a odpovědnosti v plánování a zajišťování, resp. objednávání, regionální dopravy na krajské úřady, případně dále na krajské společnosti organizující regionální dopravu, vedl k nestejněměrnému vývoji dopravní obslužnosti v jednotlivých krajích.*“ (Nigrin a Dujka, 2014, s. 15).

Kraje rozdílně přistupují k roli železniční dopravy, která v některých z nich tvoří páteřní dopravní spojení (např. Jihomoravský kraj a Ústecký kraj), zatímco jinde je tento charakter potlačen (kraj Vysočina), stejně tak kraje přistupují rozdílně k integraci dopravních služeb v rozsahu od plně integrované veřejné dopravy (např. Jihomoravský kraj, Praha, Liberecký kraj) po celkovou absenci integrace (Seidenglanz, Nigrin a Dujka, 2015; Nigrin a Dujka, 2014). V krajích Vysočina a Jihočeském je dlouhodobě rozsah regionální železniční dopravy snižován (Ministerstvo dopravy ČR, 2018b). Decentralizace objednávky na kraje zároveň vedla ke zvýraznění problematických spojení mezikrajského charakteru, neboť kraje více objednávají dopravu na svém území a regionální dopravu na hranici a za hranici svého kraje neobjednávají (Tomeš et al., 2014). Na poměrně velké rozdíly v úrovni dopravní obslužnosti v jednotlivých krajích ČR poukazují Boruta a Ivan (2010) i Pova (2009).

Wokoun (2006) chápe veřejnou hromadnou dopravu v ČR jako soubor pěti základních segmentů, které plní rozdílné úkoly při zajišťování dopravních potřeb obyvatelstva na území naší republiky:

1. Meziaglomerační doprava – nejrychlejší propojení velkých aglomerací Prahy, Brna a Ostravy a napojení na zahraniční střediska obdobného významu. Wokoun (2006) se domnívá, že tento segment by až na výjimky měl být samofinancovatelný.
2. Rychlá regionální a meziregionální doprava – propojení důležitých regionálních středisek uvnitř regionu i mezi regiony.
3. Páteře regionálních systémů – rychlá doprava mezi středisky regionu.



4. Obslužná a rozvozová doprava – segment navazuje na předchozí tři segmenty, především pak na třetí, v jejichž stanicích a zastávkách zajišťuje dopravu do plochy regionu. Dle Wokouna (2006) pro tento segment není vhodné užívat železniční dopravu. Součástí segmentu jsou i spoje objednávané a hrazené komerčními subjekty, např. tzv. nákupní linky a zaměstnanecké svozy.
5. Doplnkové služby – linky na zavolání, další okrajové služby veřejné dopravy.

Nastíněné rozložení spojů se nekryje zcela s hierarchickým systémem dopravní obslužnosti v ČR. První a druhý segment jsou zajišťovány jako dopravní obslužnost státu, třetí segment jako dopravní obslužnost kraje a čtvrtý segment do sebe integruje dopravní obslužnost kraje i obce (Česko, 2010a). Pátý segment je na pomezí současného vymezení dopravní obslužnosti. V některých oblastech jsou linky a spoje na zavolání zcela nebo v části trasy provozovány, jsou objednávány jako dopravní obslužnost kraje (BusLine LK, 2018).

Celkově je systém veřejné dopravy v ČR vnímán jako kvalitní i ve srovnání s ostatními zeměmi EU, problémem zůstává nejednotnost kvality na celém území státu (Česko, 2010a), i v porovnání s nám politicky, geograficky i kulturně blízkými zeměmi střední Evropy (např. Polsko, Slovinsko) zůstává nabídka veřejné dopravy díky veřejným subvencím vyšší (Ivan, Horák a Zajíčková, 2014). Rozvoj příměstské a regionální dopravy je i jedním z cílů české dopravní politiky pro roky 2014–2020 (Česko, 2013). Určité negativní dopady plynoucí ze současné podoby a kvalitativního stupně zajištění veřejné dopravy představuje Wokoun (2006):

- 1. nerovnoměrná dopravní obsluha jednotlivých území, která se spíše prohlubuje,*
- 2. snížení vztahu veřejné dopravy k centrům zaměstnanosti v území,*
- 3. zvýšení ekologické zátěže v území v důsledku faktické preference individuální dopravy a nekoordinovanosti mezi železniční a silniční dopravou,*
- 4. nízká možnost veřejné dopravy ovlivnit kulturní rozvoj a cestovní ruch v důsledku slabé nabídky sobotní a nedělní přepravy,*
- 5. nedostatečná segmentace dopravy, což vede k přetíženosti dopravní infrastruktury v regionech s intenzivní přepravou a naopak k nízké frekvenci v okrajových oblastech,*
- 6. stále ještě nedostatečný rozvoj integrovaných dopravních systémů, který fakticky nedovoluje přepravní vazby v některých směrech.“ (Wokoun, 2006, s. 87)*

Uvedené negativní dopady jsou spojeny s kvalitou veřejné dopravy, nikoliv s její samotnou existencí. Přestože daný výčet byl autorem formulován v roce 2006 a vývoj od té doby pokročil, je platný i v současnosti. Jediným bodem, kde došlo k výraznému

zlepšení, je vznik a vývoj IDS, nicméně i zde stále platí, že jejich rozvoj je dosud nedostatečný (Ministerstvo dopravy ČR, 2015).

*„Veřejná doprava je provozována na bázi oddělených dopravních systémů, kdy integrované (tj. přepravně, tarifně a informačně provázané) dopravní systémy jsou organizovány jen v omezené funkčnosti, bez většího propojení mezi kraji. V některých krajích je stále integrovaný dopravní systém pouze nadstavbou systému veřejné dopravy (usnadňující využívání městské a příměstské dopravy), nikoliv principem propojujícím všechny druhy dopravy v celém území regionu, v řadě případů přetrvává rozdílný názor na zajištění veřejné dopravy mezi regionem a jádrovým městem, což komplikuje vytváření integrovaných dopravních systémů.“* (Česko, 2013, s. 9)

Květoň et al. (2012) a Marada a Květoň (2008) upozorňují na problém zajištění veřejné dopravy do malých sídel a sídelních jednotek, které jsou samostatnými součástmi obcí, tyto jednotky často nemají vůbec žádnou veřejnou dopravu a jediným prostředkem mobility je zde individuální automobilová doprava.

Dalším problémem je víkendová dopravní obslužnost, která je oproti pracovním dnům výrazně utlumena, často je omezení veřejné dopravy absolutní (Ministerstvo dopravy ČR, 2015; Nigrin a Dujka, 2014; Květoň et al., 2012; Wokoun, 2008). Z celkového počtu 6 192 obcí obsluhovaných veřejnou linkovou dopravou v pracovní dny je bez dopravní obslužnosti v sobotu 2 195 obcí a 1 727 obcí v neděli (Ministerstvo dopravy ČR, 2015).

Marada a Květoň (2008) uvádí, že například v roce 2007 byla více než polovina municipalit s počtem obyvatel nižším než 3 000 o víkendu bez dopravní obslužnosti. Wokoun (2006) v této souvislosti připomíná zásadu, že každý daňový poplatník má právo na obslužnost, ať žije kdekoliv.

## **1.6 Současná podoba dopravní obslužnosti v České republice**

Problematika dopravní obslužnosti je živý prvek české legislativy, který se velmi dynamicky rozvíjí a dochází k jeho změnám ve snaze reflektovat aktuální vývoj a anticipovat budoucí potřeby společnosti. Legislativní vývoj dopravní obslužnosti a dopravní politika ČR v oblasti dopravní obslužnosti neustále reagují na změny (Ministerstvo dopravy ČR, 2015; Česko, 2010a). Historicky byla v české legislativě definována dopravní obslužnost odlišně. Definice byla uvedena zvláště pro veřejnou drážní a veřejnou linkovou dopravu (Česko, 1994a,b). Zároveň byla rozlišována tzv. základní a ostatní dopravní obslužnost a obsahovala tři specifikované závazky – závazek tarifní, provozní a přepravní, tyto závazky byly později z legislativy vypuštěny a jsou obsaženy v ustanoveních smluv mezi objednateli a dopravci (Benediktová a Chlaň, 2010; Česko, 2004a). Základní dopravní obslužnost přibližně

odpovídala současným veřejným službám v přepravě cestujících zajišťovaných krajem a státem, ostatní dopravní obslužnost byla objednáвана obcemi nad rámec základní dopravní obslužnosti, toto rozdělení se nicméně ukázalo jako omezeně funkční a bylo zrušeno (Ministerstvo dopravy ČR, 2015, 2006; Kleprlík, 2011).

Potřebu jasnějšího vymezení problematiky a zároveň sjednocení podmínek pro oba v českých podmínkách dominantní módy veřejné hromadné dopravy v ČR reflektuje zákon č. 194/2010 Sb., o veřejných službách v přepravě cestujících a o změně dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Uvedený zákon do českého legislativního rámce implementuje evropskou legislativu definující základní parametry dopravní obslužnosti, konkrétně Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1370/2007, o veřejných službách v přepravě cestujících po železnici a silnici, vydané 23. října 2007 (Česko, 2010a). Zároveň pro české potřeby mírně upřesňuje relativně volnou definici veřejné přepravy cestujících z tohoto Nařízení, ta je chápána jako služby obecného hospodářského zájmu v přepravě cestujících, které jsou nabízeny veřejnosti nepřetržitě, a to nediskriminačním způsobem (EU, 2007). Dopravní obslužnost je v tomto českém zákoně definována následovně: *„Dopravní obslužností se rozumí 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.“* (Česko, 2010a, s. 2210)

V ČR funguje tzv. hierarchický systém dopravní obslužnosti, kdy se na základě principu subsidiarity vychází při objednávce veřejných služeb v přepravě cestujících ze snahy přenést rozhodování o veřejné hromadné dopravě co nejbližší k danému regionu (Ministerstvo dopravy ČR, 2015). O rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých regionech rozhodují sami objednatelé: *„Kraje a obce ve své samostatné působnosti stanoví rozsah dopravní obslužnosti a zajišťují dopravní obslužnost veřejnými službami v přepravě cestujících veřejnou drážní osobní dopravou a veřejnou linkovou dopravou a jejich propojením.“* (Česko, 2010a, s. 2210)

Evropská legislativa objednatele veřejné dopravy označuje souhrnně jako příslušné orgány (competent authorities) (EU, 2007). Dálková meziregionální doprava, která je zajišťována drážní dopravou, pak přirozeně zůstává v kompetenci státu, resp. jím pověřeného Ministerstva dopravy (Česko, 2010a). Ve svém územním obvodu zajišťují dopravní obslužnost veřejnou drážní a veřejnou linkovou dopravou kraje, nad rámec dopravní obslužnosti kraje může ve svém územním obvodu zajišťovat dopravní obslužnost i obec (Kvizda et al., 2015; Seidenglanz, Nigrin a Dujka, 2015; Damborský et al., 2014;

Tomeš et al., 2014; Česko, 2010a). Je-li to vhodné, mohou kraje i obce zajišťovat dopravní obslužnost po souhlasu příslušného orgánu i v sousedním obvodu (Česko, 2010a). V objednávce tedy nejsou zahrnuty dálkové autobusové linky, které slouží meziregionální či mezinárodní dopravě (Ministerstvo dopravy ČR, 2014a).

Kovalčíková a Štandera (2011) zákonnou definici vysvětlují tak, že dopravní obslužnost je definována konkrétním účelovým vymezením jednotlivých dopravních spojení, instituce, zařízení a veřejné potřeby vyjmenované zákonem musí být zpřístupněny vždy, aby se jednalo o dopravní obslužnost území. Kašparová (2006) považuje poměrně volnou definici dopravní obslužnosti ponechávající rozhodnutí o jejím rozsahu a dostupnosti na příslušných orgánech za výhodu umožňující přizpůsobit tento rozsah místním podmínkám v každém regionu. Oproti tomu Wokoun (2006, s. 9) volnou definici považuje za nedostatek, mimo jiné uvádí: „*Definice sice existuje jako dojíždka do škol, úřadů, zaměstnání, za základní lékařskou péčí, avšak tím se účel spoje popsat nedá.*“

Wokoun (2006) se dále zabývá přiměřeným rozsahem přepravních služeb a mírou jejich zajištění ze strany příslušných autorit, přičemž dle autora není veřejný zájem určující přiměřenost veřejných služeb dostatečně specifikován. Wokounovy úvahy jsou ideologicky dále rozvedeny Nigrinem a Dujkou (2014), kteří připouští velkou šíři zákonné definice, pod kterou by se dala zahrnout celodenní velmi intenzivní doprava, v kontrastu k tomu však uvádí, že v praxi se zákon spíše snaží stanovit minimální kvalitu, protože objednatelé se potýkají s nedostatkem finančních prostředků na zajištění častější dopravní obslužnosti.

„*Většinou se jedná o spoje do a ze zaměstnání, dle povahy regionu na ranní, v okolí bývalých okresních měst zpravidla i na odpolední či noční směnu, a především do školských zařízení a zpět. Minimálně by se tak mělo jednat (až na výjimky) o dva páry spojů denně.*“ (Nigrin a Dujka, 2014, s. 16)

Ministerstvo dopravy ČR (2019) uvádí, že souhrnná částka vynakládaná příslušnými orgány na zajištění dopravní obslužnosti má dlouhodobě mírně rostoucí trend, v roce 2017 to bylo 21 251 milionů Kč, přičemž částka neobsahuje subvence na zajištění městské hromadné dopravy (dále MHD). Na související problém upozorňuje Ministerstvo dopravy ČR (2015), které uvádí, že v absolutních číslech sice vynakládané kompenzace na zajištění veřejných služeb v přepravě cestujících rostou, vzhledem k inflaci však výše kompenzace stagnuje či mírně klesá, což neumožňuje udržet ani zvyšovat rozsah či kvalitu služeb.

Milníkem pro českou dopravní politiku a vývoj v oblasti dopravní obslužnosti je rok 2019, na který byla plánována možná změna modelu organizace veřejné dopravy v ČR (Ministerstvo dopravy ČR, 2015). K roku 2019 končí platnost tzv. desetiletých

smluv o veřejných službách v přepravě cestujících veřejnou drážní dopravou, které kraje i Ministerstvo dopravy ČR uzavřely v roce 2009 s Českými drahami, a.s. (Tomeš et al., 2014; Ministerstvo dopravy ČR a České dráhy, 2009; Ústecký kraj a České dráhy, 2009), zároveň končí účinnost Memoranda o zajištění stabilního financování dopravní obslužnosti veřejnou regionální železniční osobní dopravou, které krajům umožnilo tyto smlouvy uzavřít (Tomeš et al., 2014; Benediktová a Chlaň, 2010; Česko et al., 2009). Aktuální politický vývoj oproti původním deklaracím směřuje k pouze drobnějším změnám ve financování veřejné hromadné dopravy, kdy dojde k úpravě poměru finančních částek poskytovaných jednotlivých krajům z rozpočtu Ministerstva dopravy ČR na zajištění stabilní veřejné drážní dopravy (Michalčík a Vichta, 2018, 2019; Česko, 2016a,b).

Do budoucna lze očekávat dva zásadní směry legislativní úpravy v oblasti dopravní obslužnosti, u nichž byl původní předpoklad realizace již v roce 2019, jde o oblasti financování a koncepčního plánování veřejné hromadné dopravy.

První legislativní úprava by se zároveň měla zaměřit na zajištění dlouhodobě stabilního financování systému veřejné dopravy v ČR jako celku, a zároveň již všichni objednatelé budou povinni uzavírat smlouvy o veřejné linkové dopravě nabídkovými řízeními v souladu se zákonem o veřejných službách v přepravě cestujících (Ministerstvo dopravy ČR, 2015; Česko, 2010a). Ministerstvo dopravy ČR (2015) předpokládá změnu způsobu financování systému a nových vozidel vedoucí k vyšší podpoře systému veřejné dopravy, tento předpoklad vychází z přesvědčení, že v ČR je již překonána fáze nadměrné individualizace dopravy a nadále poroste podíl využívání veřejné dopravy, současná reprodukce bez dalších finančních vstupů do systému však nemůže zajistit zvyšování počtu vozidel potřebného pro rozvoj.

Druhá sledovaná změna je bližší vymezení plánování veřejné hromadné dopravy, novelizace zákona č. 194/2010 Sb., o veřejných službách v přepravě cestujících a o změně dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, povede k zakotvení institutu koncepce veřejné dopravy, plány dopravní obslužnosti jednotlivých příslušných orgánů budou závazné a budou povinně projednávány s ostatními objednateli (Michalčík a Vichta, 2019, 2018), takové plány následně budou ve větším detailu plánovat veřejné služby v přepravě cestujících ve vazbě na jednotlivé faktory, které dopravní obslužnost determinují. S daným bodem souvisí i závěry studie zadané Evropskou komisí o skutečných efektech implementace Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1370/2007, o veřejných službách v přepravě cestujících po železnici a silnici, jedním ze závěrů je i zjištění, že rozhodnutí příslušných orgánů o podobě dopravní obslužnosti jsou založena na nesčetném množství místních

podmínek včetně přístupu k financování a politickým rozhodnutím (Steer Davies Gleave, 2016). Steer Davies Gleave (2016) dále uvádí, že příslušné orgány musí prioritizovat vybrané cíle před jinými, což vysvětluje jejich odlišné volby.

### **1.7 Faktory ovlivňující rozsah dopravní obslužnosti**

Dopravní služby obecně jsou determinovány poptávkou po dopravě, která je v drtivé většině derivátní, a je odvozená od mnoha faktorů (Daldoul, Jarbouai a Dakhlaoui, 2016). Dopravní obslužnost snižuje význam poptávky svým charakterem sociální služby a potřebou dostupnosti této služby všem občanům regionu (Jaramillo, Lizárraga a Grindlay, 2012). Nabídka veřejné dopravy zajišťované převážně dopravní obslužností vykazuje vysokou územní variabilitu (Marada a Květoň, 2010).

Wokoun (2008) sestavil rozsáhlý přehled faktorů determinujících rozsah dopravní obslužnosti, které lze rozdělit do několika skupin – regionalistické, sociální, organizační a legislativní. Seidenglanz, Nigrin a Dujka (2015) považují za zásadní faktory ovlivňující rozsah dopravní obslužnosti organizačně-politické, geografické, ekonomické a sociální. Hampl, Blažek a Žížalová (2008) rozlišují geografické faktory (přírodní, polohové a sociogeografické), ekonomicko-sociální a sociokulturní. Tyto faktory jsou Maradou a Květoněm (2010) obohaceny o institucionální faktory, zejména plánování dopravní obslužnosti.

Existuje celá řada studií, které analyzují poptávku po dopravě v urbánních oblastech, zatímco studií zaměřujících se na poptávku v ploše regionu je výrazně méně, jednu z nich sestavili na příkladu Severního Irsku Jordan a Nutley (1993), kde autoři dochází k závěru, že problém není primárně v dopravě, ale v samotném charakteru venkovských regionů s roztroušeným osídlením o nízké hustotě, kde veřejná doprava selhává díky svému liniovému charakteru a fixním časovým polohám.

Přestože studie v urbánních oblastech mají odlišné cíle, faktory determinující poptávku po dopravních službách se s faktory determinujícími rozsah dopravní obslužnosti výrazně překrývají. Přehlednou literární rešerši těchto faktorů sestavili Chiou, Jou a Yang (2015), kteří faktory rozdělují do čtyř skupin – socio-ekonomické, územní, spojené s individuální dopravou a spojené s veřejnou dopravou.

V dalším přehledu budou jednotlivé faktory rozděleny do skupin, které odrážejí jednotlivé pohledy představené v předchozích odstavcích. Jedná se o skupiny demografických a sociálních faktorů, geografických a socio-geografických faktorů, dopravní infrastrukturu

a organizační a legislativní faktory. Na závěr jsou vzhledem ke svému specifickému charakteru uvedeny standardy dopravní obslužnosti.

Jednotlivé faktory determinující dopravní obslužnost jsou v různé míře proměnné v čase, v případě jejich změn by příslušné orgány měly změny vyhodnotit a jejich dopady promítnout do svého dopravního plánování, systém veřejné hromadné dopravy je za proměnlivých podmínek nutno průběžně optimalizovat (Ministerstvo dopravy ČR, 2006).

### **1.7.1 Demografické a sociální faktory**

Demografické faktory ovlivňující rozsah dopravní obslužnosti jsou určeny počtem obyvatel a jejich strukturou (Drdla, 2014). Sociální faktory jsou odvozeny od charakteristik společnosti jako celku.

#### *Počet obyvatel*

Základním demografickým ukazatelem je počet obyvatel daného sídla (Květoň et al., 2012; Marada a Květoň, 2010, 2006 a Marada a Hudeček, 2006). Jde o klíčový ekonomický faktor, který udává, že je zde dostatečné množství potenciálních zákazníků pro veřejnou dopravu, a tedy větší potenciál tržeb, které pokryjí náklady zajištění daného spojení či alespoň sníží jeho ztrátovost (Květoň et al., 2012; Marada a Květoň, 2010). Počet obyvatel dané územní jednotky je všeobecně považován za nejdůležitější faktor determinující počet spojů dopravní obslužnosti (Tesla, Horák a Ivan, 2015; Bulíček a Mojžíš, 2009; Gray, 2001).

*„Lze předpokládat, že objem spojů veřejné dopravy bude zásadně podmíněn vertikální geografickou polohou, tj. polohou v hierarchii osídlení, která se uplatňuje také v případě společenských a ekonomických změn.“* (Marada a Květoň, 2010, s. 25)

Dle Seidenglanze, Nigrina a Dujky (2015) je počet obyvatel sídelní jednotky a přilehlého území rozhodující faktor o počtu dopravních spojení, tento fakt potvrdili studií veřejné drážní dopravy a předpokladem je obdobný dopad i na veřejnou linkovou dopravu. Ústecký kraj (2016) deklaruje, že limitem pro posuzování zajištění dopravní obslužnosti obce nebo její odloučené části na jeho území je 35 obyvatel, nedosahuje-li počet obyvatel tohoto limitu a netěží-li obec, resp. část obce z výhodné polohy na dopravní infrastruktuře, poté v ní není zajišťována dopravní obslužnost.

Přestože je na počet obyvatel často pohlíženo jako na kruciólní aspekt, ne vždy rozsah dopravní obslužnosti skutečně populační velikost sídla reflektuje (Hornák, Struhár a Pšenka; 2015). Hornák, Struhár a Pšenka (2015) toto demonstrují na příkladu slovenských měst Vrútky a Leopoldov, obdobnou absenci vztahu mezi počtem obyvatel a rozsahem

dopravní obslužnosti u vybraných sídel v ČR popisuje i autor této disertační práce ve svých dřívějších studiích (Trpišovský a Průša, 2014; Trpišovský, Rýc a Průša, 2013).

### *Hustota a charakter osídlení*

Seidenglanz, Nigrin a Dujka (2015) přikládají hustotě osídlení velký význam, společně s počtem obyvatel sídla ji považují za rozhodující faktory determinující počet spojů obsluhujících jednotku, dále popisují méně obydlené regiony jako regiony obvykle na koncových úsecích železničních tratí, kde je nižší rozsah dopravní obslužnosti. Obdobný jev lze vysledovat u veřejné linkové dopravy, kdy z hustěji osídlených centrálních sídel pokračují do méně osídlených venkovských oblastí pouze vybrané spoje.

De Vos a Witlox (2013) uvádí, že kompaktní hustěji osídlené oblasti vedou k vyššímu využívání veřejné dopravy oproti individuální automobilové dopravě. Hustotu osídlení spolu s počtem obyvatel chápou Marada a Květoň (2010) za zásadní faktory determinující počet spojů veřejné dopravy v daném sídle, hustěji osídlený region generuje více cestujících a tedy větší část nákladů na zajištění dopravní obslužnosti bude pokryta tržbami, příklady hustě osídlených regionů s větším rozsahem dopravní obslužnosti udávají Květoň et al. (2012), patří mezi ně jihovýchodní a střední Morava, okolí Prahy a Mostecko. Hustota osídlení úzce souvisí s jeho charakterem, kde roztroušený rurální charakter sídelní struktury vede k větší nedostupnosti služeb a zvýšené potřebě vlastnit osobní automobil, který nahrazuje cesty veřejnou hromadnou dopravou (Květoň et al., 2012; Marada a Květoň, 2010; Marada a Hudeček 2006; Dargay, 2002; Nutley a Thomas, 1992). Wokoun (2008) spatřuje problém oblastí s malými sídly s nízkou vzájemnou vzdáleností v absenci jasného přepravního směru, který by mohl dosáhnout větších intenzit, stejně tak považuje větší množství měst s jejich aglomeracemi a menších regionálních center za nevýhodu, protože umožňují vznik vysokého počtu směrů, do kterých se rozpadá poptávka po dopravě. Myšlenku dále rozvíjí Marada a Květoň (2010, s. 22): „*S velikostí sídel věcně souvisí charakter osídlení, který byl rovněž prokázán také jako jeden z faktorů podmiňujících vybavení domácností automobily. V rozdrobeném osídlení jsou totiž lidé relativně více vybaveni automobily než v osídlení kompaktnějším, což z pohledu okresů vytváří jakýsi gradient více automobilizované jihozápadní Čechy – slaběji automobilizovaná severovýchodní Morava a Slezsko.*“

Tento fenomén je označován jako paradox dopravní obslužnosti malých, převážně odlehlých sídel, objem poptávky daný potenciálním počtem cestujících je nízký, což podmiňuje ekonomickou neefektivitu veřejné dopravy, proti tomu poptávka po dopravě



ve smyslu potřeby dostupnosti a mobility je velmi vysoká, vyšší než ve městech, kde lze řadu potřeb zajistit i v bezprostředním okolí bydliště (Marada a Květoň, 2010).

Ministerstvo dopravy ČR (2015) připouští, že obsluha rozptýleného osídlení nebývá efektivní. Kvizda et al. (2015) zdůrazňují roli relativně silných mikroregionálních center ve venkovských oblastech, tato centra hrají zásadní sociální a ekonomickou roli. Je třeba zajistit jejich podporu funkčním systémem veřejné dopravy v souladu s potřebami dopravní obslužnosti.

Specifické oblasti v blízkosti větších center vznikají díky suburbanizaci, mnohé z nich vykazují charakter urban sprawlu. Traversi, Camagni a Nijkamp (2006) urban sprawl popisují jako nekontrolované rozprostírání zástavby ven z měst, která se tak výrazně rozšiřují do plochy, přičemž nová zástavba vykazuje relativně nízkou hustotu zalidnění a přetváří dosavadní rurální či semi-rurální charakter periferií městských oblastí. Tyto změny vedou částečně ke změně charakteru urbánní zástavby, která přechází od monocentrické v polycentrickou (Martínez Sánchez-Mateos et al., 2014). Výsledným dopadem suburbanizace na dopravní potřeby je tedy posun od klasického modelu mobility z periferií do center, nově mobilita vykazuje známky polynodiality a z nich plynoucí výraznější heterogenitu, roztříštění dopravních proudů vede i ke vzniku slabších vztahů periferie – periferie (Martínez Sánchez-Mateos et al., 2014; Bole et al., 2012; Wokoun, 2008; van der Laan, 1998). Závislost těchto oblastí především na individuální automobilové dopravě popisuje Ministerstvo dopravy ČR (2015).

### *Struktura obyvatelstva*

Struktura obyvatelstva odráží jeho věkové složení a genderové charakteristiky: „*Je třeba znát věkové rozložení obyvatelstva, alespoň do skupin dětí předškolního věku, žáků základních škol, studentů středních škol a odborných učilišť, vysokoškoláků, mužů a žen v produktivním pracovním věku (k tomu podíl zaměstnanosti žen), osob v důchodovém věku.*“ (Drdla, 2014, s. 51)

Význam věkových charakteristik zdůrazňují Květoň et al. (2012), tyto charakteristiky determinují dopravní možnosti jednotlivých obyvatel. Děti a dospívající nedosahují limitního věku pro získání řidičského oprávnění na osobní automobil, stejně tak mnozí senioři jsou již odkázáni pouze na veřejnou dopravu. Další důležité demografické charakteristiky spojené s motorizací domácností v regionech jsou kromě míry nezaměstnanosti dle Květoně et al. (2012) a Nolan (2010) přítomnost dětí v domácnosti, charakter pracovních pozic zaměstnaných členů domácnosti a velikost domácnosti.

### *Příjem obyvatel a charakter zaměstnanosti*

Příjem obyvatel jako důležitý faktor uvádí Steer Davies Gleave (2016) a Marada a Květoň (2010), ti jej chápou jako jeden z determinantů rozsahu dopravní obslužnosti z toho důvodu, že výše příjmu spolurozhoduje o pořízení osobního automobilu. Tento faktor uvádí ve své rešeršní práci také Chiou, Jou a Yang (2015), ti navíc doplňují ještě podíl nízkopříjmových domácností. S příjmem obyvatel úzce souvisí nezaměstnanost, kterou mezi demografické faktory vhodné ke sledování řadí Drdla (2014) a Marada a Květoň (2010).

### *Stupeň motorizace a vztah obyvatel k individuální dopravě*

Dalším ukazatelem, který ovlivňuje rozsah veřejné hromadné dopravy, je stupeň motorizace a vztah obyvatel k individuální dopravě (Steer Davies Gleave, 2016), tyto faktory se vzájemně ovlivňují. Od roku 1989 prošly bývalé socialistické evropské země včetně ČR signifikantním procesem restrukturalizace, která ale především v městských oblastech směřovala oproti trendu udržitelnosti i v oblasti dopravy (Mrkajić a Anguelovski, 2016; Hirt, 2013; Hirt a Stanilov, 2009; Harloe, 1996). Problematice individuální automobilové dopravy v ČR se věnují mimo jiné Doležalová a Ouředníček (2006) a Urbánková a Ouředníček (2006). Individuální automobilismus je v ČR fenoménem posledních desetiletí, počet automobilů narůstá významným tempem. Výrazný růst počtu osobních automobilů především v 90. letech 20. století byl ještě podpořen významným omezením dopravní obslužnosti ve venkovských oblastech v té době (Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015; Boruta a Ivan, 2010). Nutley a Thomas (1992) uvádí, že vlastnictví automobilu na venkově není známkou bohatství, ale důsledkem jeho potřeby. Je však třeba zdůraznit, že k tomuto jevu nelze přistupovat dogmaticky, Marada a Květoň (2010) poznamenávají, že závislost stupně motorizace na populační velikosti sídla je výrazně slabší než závislost objemu veřejné dopravy na populační velikosti.

**Tabulka 1** Vývoj počtu registrovaných automobilů a stupně motorizace na území České republiky

<b>Rok</b>	<b>Počet registrovaných osobních automobilů [tis.]</b>	<b>Stupeň motorizace [osob / 1 automobil]</b>
1960	190	50,00
1970	550	18,00
1980	1 470	7,00
1990	2 060	5,00
2000	3 439	2,99
2010	4 496	2,34
2019	5 844	1,82

Zdroj: ČSÚ (2019a, 2016b), Svaz dovozců automobilů (2019), Vonka et al. (2001)

V tabulce Tabulka 1 je uveden vývoj počtu registrovaných vozidel a stupně motorizace. Údaje z období před oddělením Slovenské republiky jsou uváděny pro současné území České republiky.

Stupeň motorizace není rovnoměrný na celém území České republiky. Gradient stupně motorizace má dle Marady a Květoně (2010) a Marady a Hudečka (2006) opačnou orientaci než gradient denního počtu spojů veřejné dopravy. Květoň et al. (2012) a Ivan a Boruta (2009) popisují přibližný směr gradientu automobilizace z jihozápadu na severovýchod, který vykazuje několik výjimek, nižší stupeň automobilizace vykazují severní Čechy a naopak výrazně vyšších hodnot dosahuje středočeský region přibližně v ose od Mladé Boleslavi přes pražskou aglomeraci k Českým Budějovicím, další výjimky pak tvoří suburbanizované oblasti v okolí větších regionálních center.

Regiony s nedostatečnou veřejnou dopravou (například Plzeňský kraj) vykazují vyšší stupeň motorizace, patrně daný kompenzací menší nabídky dopravní obslužnosti (Květoň et al., 2012), k obdobnému závěru dospěli i Ivan a Horák (2015), v sídelních jednotkách s menší nabídkou veřejné hromadné dopravy je vyšší stupeň motorizace. V periferních rurálních oblastech, které analyzovali Květoň et al. (2012), vykazují všechny věkové skupiny vyšší stupeň motorizace. Marada, Květoň a Vondráčková (2010) však na základě jejich výzkumu uvádí, že existují výjimky oblastí, kde přes vysoký stupeň motorizace existuje vysoký rozsah veřejné dopravy i zvýšená míra jejího používání, zde je patrný především vliv železniční dopravy, neboť veřejná linková doprava z výzkumu vychází jako substitut individuální automobilové. Marada a Květoň (2010) však připouští, že existují i regiony s vysokou mírou automobilizace a podprůměrnou nabídkou veřejné hromadné dopravy, kde však je veřejná doprava nadprůměrně využívána.

#### *Možnosti a zvyklosti využívání volného času*

Střediska a směry cestovního ruchu dle Wokouna (2006) a Horňáka, Struhára a Pšenky (2015) rozšiřuje Drdla (2014) na dimenzi možností a zvyklostí využívání volného času. Tento charakter je ještě zvýrazněn posunem v chápání dopravní obslužnosti jako prostředku k dopravě za sociálními a kulturními potřebami (Česko, 2010a; EU, 2007).

S probíhající změnou pohledu na mobilitu slouží veřejná doprava v regionech i k realizaci cest za volnočasovými aktivitami, především sportem, kulturou a rekreací. Drdla (2014) jako faktor determinující rozsah MHD uvádí možnosti a zvyklosti využívání volného času. Tento názor sdílí i Wokoun (2006), uvádí, že v rámci funkcí regionální dopravy jsou podceňovány jiné než elementární funkce dojížděky za základními službami nebo

do škol. Podíl cest za těmito účely na celkovém počtu cest je obvykle nízký, nicméně průběžně narůstá.

Volnočasové aktivity a jimi vyvolané potřeby přemístění nabývají významu především o víkendu, ve specifickém časovém období (typicky letní prázdniny či zimní období) a ve specifických regionech (Drdla, 2014). Nigrin a Dujka (2014) upozorňují na skutečnost, že k zavádění víkendových spojů do turisticky atraktivních lokalit dochází v rámci dopravní obslužnosti pouze v omezené míře.

Wokoun (2006) v této otázce poznamenává, že sobotní a nedělní přeprava se mnohdy stále posuzuje jako zbytná z hlediska regionální dopravní obslužnosti, což snižuje možnosti kulturního vyžití obyvatel v regionech a využití veřejné dopravy pro cestovní ruch. Centra cestovního ruchu jsou vysoce rozptýlena na území celé země, zajištění jejich dopravní obslužnosti víkendovou dopravou tedy přináší relativně vysoké požadavky na dopravní obslužnost, které často nejsou naplněny a dochází tak ke skryté preferenci dopravy individuální (Wokoun, 2008).

#### *Afinita obyvatel k veřejné dopravě a zvyklosti cestujících*

Wokoun (2008) uvádí dále afinitu obyvatel k veřejné dopravě a zvyklosti cestujících. Jako významný subjektivní faktor chápou rozhodování o volbě dopravního prostředku i Marada a Květoň (2010), kteří sledují ve vybraných regionech ČR významnou společenskou tradici ve využívání železnice, mezi tyto regiony lze řadit Tábořsko, Uherskobrodsko či Uničovsko. Do kontextu s historickými souvislostmi toto posouvají Seidenglanz, Nigrin a Dujka (2015), kteří vyšší počty spojů na regionálních železničních tratích ve srovnání s Rakouskem odůvodňují mimo jiné silnou tradicí využívání veřejné dopravy, která v českém prostředí vznikla v době komunistické éry. Přestože po zániku socialistického režimu na našem území došlo k masivnímu omezení systému dopravní obslužnosti, relativně vysoký podíl české populace stále užívá při svém pravidelném dojíždění alespoň částečně veřejnou drážní či linkovou dopravu (Seidenglanz, Nigrin a Dujka, 2015; Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015; Marada, 2006). Vztah cestujících k veřejné dopravě je částečně poškozován nekvalitně zajištěnou veřejnou dopravou a z ní plynoucím nižším subjektivním pocitem bezpečnosti při používání veřejné dopravy (Wokoun, 2008).

Wokoun (2008) dále uvádí, že důležitým faktorem je citlivost cestujících na kvalitu a cenu, dělba zájmu cestujících o jednotlivé druhy dopravy podle vzdálenosti a citlivost na přestupy. Situace v ČR je stále charakteristická relativně nízkou citlivostí cestujících na kvalitu a recipročně k tomu vysokou citlivostí na cenu, s ohledem na celospolečenské

trendy a vývoj v západoevropských státech se však tato situace pomalu mění (Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015; Wokoun, 2008).

### ***1.7.2 Geografické a socio-geografické faktory***

Geografické faktory odráží výsledky přírodních procesů, které utvářely prostředí, ve kterém je region umístěn, geografický prostor není homogenní a jeho složky jsou rozmístěny v prostoru nerovnoměrně, jejich kvantita i kvalita je silně proměnlivá napříč geografickým prostorem jednotlivých regionů (Halás, Klapka a Kladivo, 2014).

Socio-geografické faktory na geografické faktory navazují a popisují prostorové charakteristiky společnosti. Jejich specifickou skupinou jsou faktory determinující prostorové charakteristiky sítě veřejné dopravy jako množinu či teritoriální organizaci lidské společnosti a jejich významných atributů, mezi které Horňák, Struhár a Pšenka (2015) řadí především systém osídlení, dopravní infrastrukturu, produkční oblasti, rozmístění terciéru a turistické atrakce.

#### *Geografie a geomorfologie*

Geografie regionu a geomorfologie jeho reliéfu determinují možné dopravní směry a utváří přirozené překážky dopravním cestám plánovaným průmětem spojnice daných dvou bodů na zemský povrch.

Wokoun (2006) zdůrazňuje dopady vysokého stupně rozmanitosti erozně denudačního reliéfu ČR, kam řadí zejména výškovou členitost, zastoupení plošin a kotlin a směrovou orientaci dopravně významných údolí. Přírodní bariéry jako faktor formující podobu dopravní obslužnosti ve své analýze užívají i Nigrin a Dujka (2014).

Dle Vuchice (2005) na jedné straně tyto prvky omezují spojení mezi jednotlivými funkčními celky, na druhé straně také determinují polohy přirozených dopravních koridorů. Vznik přírodních koridorů determinovaných morfologií reliéfu popisují také Horňák, Struhár a Pšenka (2015). Seidenglanz, Nigrin a Dujka (2015) jako jeden z důvodů nižšího počtu železničních spojů na regionálních tratích v Rakousku uvádí hornatost, členitost regionu zároveň vede k větší roztroušenosti obyvatelstva.

Významným faktorem jsou také topografické charakteristiky (Steer Davies Gleave, 2016). Specifickým případem je poloha sídel ve vyšší nadmořské výšce, kde horské obce vykazují nižší rozsah dopravní obslužnosti, tento dopad je ještě zvýrazněn jejich obvyklou roztroušeností a větším počtem částí jednotlivých sídel, často oddělených geografickými bariérami (Marada a Květoň, 2010). Na velký docházkový rádius až 5 km u 10 % zastávek veřejné hromadné dopravy v horských oblastech upozorňují i Boruta a Ivan (2010).

### *Antropogenní vlivy v krajině*

Nejvýznamnější antropogenní vlivy v krajině lze vysledovat na území ČR v oblastech současné a bývalé intenzivní těžby nerostných surovin. Wokoun (2008) uvádí, že typickou ukázkou jsou oblasti v Moravskoslezském a Ústeckém kraji, kde sledované antropogenní vlivy v krajině vedou ke koncentraci obyvatelstva do menšího počtu větších municipalit, zároveň determinují polohu dopravní infrastruktury stejně jako geografické faktory.

### *Velikost a poloha území*

Velikost území determinuje možnosti řešení dopravních vztahů, jejich vnitřní uspořádání i vnější vazby. ČR a její regiony jsou pokryty hierarchií dopravních segmentů od dálkové po regionální dopravu, oproti zahraničí zde nejsou zajišťována dálková spojení nad 1 000 km vysokorychlostními tratěmi či leteckou dopravou. Wokoun (2008) dále uvádí, že relativně malá plocha ČR vede k částečnému stírání rozdílu mezi dálkovou a regionální dopravou. Zcela oddělená dálková doprava je realizovatelná pouze v mezinárodní dopravě, ke které má Česká republika velmi vhodnou polohu v ose západ – východ i sever – jih.

### *Poloha sídla ve vztahu k ostatním sídlům*

Poloha sídla ve vztahu k ostatním sídlům regionu také ovlivňuje rozsah dopravní obslužnosti. Studie veřejné dopravy v regionu mezi rumunskými městy Suceava a Botosani, provedená Istratem (2016) jasně ukazuje, že poloha blíže k regionálnímu centru zajišťuje sídlu větší rozsah dopravní obslužnosti. Stejně závěry plynou i z analýzy veřejné linkové dopravy v rurálních oblastech Velké Británie (Gray, 2001), a obdobný poznatek, že obce ležící v blízkosti významnějšího subcentra mají více dopravních spojení, představují i Nigrin a Dujka (2014).

Prostorová polarizace vede ke vzniku periferií na okrajích regionů (Hladký, Rochovská a Majo, 2014; Halás a Klapka, 2012). Rurální periferní oblasti následně vykazují vyšší míru motorizace (Marada a Květoň, 2010).

### *Hranice územních správních celků*

Na okraje regionů navazují hranice územních samosprávních celků, které objednávají veřejné služby v přepravě cestujících, i v rámci jedné země jsou překážkou pro spoje veřejné dopravy a rozsah dopravní obslužnosti v regionech přilehlých ke krajským hranicím je nižší (Květoň et al., 2012; Boruta a Ivan, 2010). Problematiku oddělenosti jednotlivých oddělených krajských systémů bez většího propojení na krajských hranicích zmiňuje i česká dopravní politika (Česko, 2013). Ministerstvo dopravy ČR (2015) vnímá problém ukončování linek na hranicích krajů, ačkoliv přepravní potřeby překračují hranice kraje, zároveň zdůrazňuje,

že v případě většího zaměstnavatele na hranici sousedního kraje jde i o významné přepravní proudy. Zajištění kompatibility dopravní obslužnosti na hranicích krajů, popřípadě hranicích států, bylo původně plánováno jako součást nového legislativního řešení připravovaného od roku 2019 (Ministerstvo dopravy ČR, 2015). Obdobným problémem jsou hranice mezi jednotlivými IDS, kdy dle Ministerstva dopravy ČR (2015) v některých případech dochází k nespolečnosti a regionalizaci, vzhledem k územním obvodům IDS v cílovém stavu shodným s krajskými hranicemi lze tento fenomén také označit za důsledek blízkosti hranice vyšších územních samosprávních celků.

Seidenglanz, Nigrin a Dujka (2015) a CZECH Consult (2010) popisují nižší počty spojů na železnicích procházejících hranicemi regionů, zároveň se často jedná o odlehle venkovské oblasti s nižší hustotou osídlení, dochází tedy ke kumulaci jednotlivých faktorů. Takto postižené oblasti Květoň et al. (2012) nazývají vnitřními periferiemi ČR.

Wokoun (2008) uvádí, že územní správní obvody v ČR ve většině případů souhlasí s přirozenými historicky utvářenými obvody a spádovými oblastmi, oproti němu Kvizda et al. (2015) považují vedení hranice územních správních celků jako často nevhodné a nereflakující přirozené ekonomické a kulturní vazby mezi sídly.

Obdobný dopad jako krajské hranice mají na municipality v jejich blízkosti i státní hranice (Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015). Wokoun (2008) upřesňuje, že blízkost státní hranice vede k nižšímu rozsahu dopravní obslužnosti v jí přilehlých obcích z důvodu absence přeshraniční regionální dopravy, jako příklad uvádí přeshraniční přepravu na státní hranici s Polskem, kde je slabá mezinárodní doprava i v oblastech hustě osídlených na obou stranách státní hranice. Oproti němu Hornák, Struhár a Pšenka (2015) v některých případech chápou blízkost státní hranice jako faktor přinášející dodatečná dopravní spojení především v případě silné vazby na centra v zahraničí. Výjimečný vztah je vysledován mezi Českou republikou a Slovenskem, kde jsou dlouhodobé historicky dané intenzivní vazby a dle Wokouna (2008) se tento vztah více přibližuje standardní vnitrostátní dopravě v porovnání s ostatními sousedními státy.

### *Struktura a rozložení pracovních míst, zvláště průmyslu*

Mezi další charakteristiky ovlivňující počet spojů veřejné hromadné dopravy patří počet pracovních příležitostí a obecně počet v sídelní jednotce lokalizovaných obchodních společností a jejich nabídka pracovních míst a také fragmentace cílů vyjížděky za zaměstnáním, kdy koncentrovanost či naopak roztroušenost pracovních příležitostí a služeb ovlivňuje podobu organizace veřejné hromadné dopravy (Marada a Květoň, 2010). Šťastná,

Vaishar a Stonawská (2015), Bass, Donoso a Munizaga (2011), Badland, Garrett a Schofield (2010) a Česko (2010a) uvádí zásadní funkci dopravní obslužnosti v zajištění dopravy do práce, z tohoto důvodu je rozložení pracovních míst v prostoru, především oblastí s vyšší koncentrací pracovních míst, jedním z determinujících faktorů pro splnění požadavku na zajištění dopravy do zaměstnání. Marada a Květoň (2010) poukazují na souvislost rozsahu dopravní obslužnosti a lokalizace podnikatelských subjektů všech velikostí (od mikropodniků až po velké průmyslové zóny). Autoři nicméně dodávají, že zde je třeba sledovat těsnou korelaci lokalizace těchto subjektů a populační velikosti sídel. Ve vybraných regionech lze však vysledovat pozitivní vztah rozsahu dopravní obslužnosti a lokalit, kde sídlí především střední a velké podniky, přestože se jedná o populačně malá sídla. Marada a Květoň (2010) dále uvádí, že tento jev lze vysvětlovat nižší fragmentací cílů cest cestujících.

Změny v průmyslové výrobě po zániku socialistického zřízení měly výrazný vliv na změny v rozsahu dopravní obslužnosti. „*Situace v ČR je charakterizována historicky vzniklým vysokým rozsahem průmyslové výroby i současným poklesem v klasických odvětvích. Uvedený pokles není územně rovnoměrný. Rozsáhlá průmyslová výroba působila příznivě na dopravní síť ve smyslu její hustoty, neboť podporovala přepravní proudy jednak přímo v nákladní dopravě, jednak nepřímo v osobní dopravě, zejména z hlediska dojížděky do zaměstnání. Existence některých železničních tratí byla spoluvyvolána, popř. udržována zcela konkrétními průmyslovými podniky.*“ (Wokoun, 2008, s. 8)

Pokles průmyslové výroby především v oblastech intenzivního těžkého průmyslu, který byl charakteristický směnným provozem, vedl k výraznému omezení rozsahu dopravní obslužnosti, např. spoje k návozu a odvozu zaměstnanců po odpolední směně byly rušeny bez náhrady. Současná nově vznikající průmyslová výroba v místech, kde nemá tradici, často není dostatečně kvalitně obsloužena, jak uvádí Wokoun (2008), organizace dopravních spojů v železniční a v některých územích i v autobusové dopravě je značně konzervativní a respektuje tudíž především potřeby kontinuálně existující již desítky let. Analýzy jízdních řádů veřejné hromadné dopravy na území regionů navíc často identifikují situaci, kdy veřejná hromadná doprava nabízí dopravu do zaměstnání, nikoliv však pro návrat ze zaměstnání (Horák, Ivan a Fojtík, 2015; Šeděnková et al., 2009).

Venkovským specifíkem je existence obchodů se základním zbožím na území sídelní jednotky, jestliže takový obchod v dané sídelní jednotce není, roste potřeba veřejné dopravy (Šťastná a Vaishar, 2017; Küpper a Tautz, 2015).



### *Struktura a rozložení škol a školských zařízení*

Obdobně jako zajištění dopravy do zaměstnání je dalším zásadním účelem veřejné dopravy zajištění dopravy do škol a školských zařízení (Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015; Ministerstvo dopravy ČR, 2015; Badland, Garrett a Schofield, 2010; Česko, 2010a). Rozložení edukačních institucí v regionu tedy také ovlivňuje rozsah dopravní obslužnosti (Wokoun, 2008). Požadavek na zajištění veřejné dopravy do a ze školy, pokud vzdálenost spádové školy od místa trvalého pobytu žáka přesáhne čtyři kilometry, je součástí české legislativy (Česko, 2004b).

#### **1.7.3 Dopravní infrastruktura**

Drdla (2014) a Marada a Květoň (2010) uvádí jako významný faktor také strukturu dopravní infrastruktury. Stejný předpoklad ve své analýze uvádí i Nigrin a Dujka (2014). Marada, Květoň a Vondráčková (2006) uvádí, že vliv dopravní infrastruktury na lokální a regionální rozvoj je dlouhodobě v literatuře sledován. Dopravní síť daného území dopravní obslužnost ovlivňují zásadním způsobem, jak uvádí Hornák, Struhár a Pšenka (2015), Wokoun (2006), Kusendová (2003) a Kusendová a Szabová (1998), napojení na síť hlavních dopravních linií výrazně navyšuje dostupnost veřejné dopravy a vede k jejímu nadstandardnímu rozsahu, ke stejnému závěru dospěla i studie veřejné linkové dopravy v rurálních oblastech Velké Británie (Gray, 2001). Hornák, Struhár a Pšenka (2015) popisují příklady menších sídel na koridorových spojnících významných center, díky kterým jsou obsluhovány vyšším rozsahem spojů. Stejný příklad v ČR je doložen studiemi na Jesenicku, kde některá relativně malá sídla mohou získat vyšší rozsah dopravní obslužnosti díky poloze na frekventované spojnici mezi centry vyššího řádu (Marada a Květoň, 2010). Poznatek, že kvalitnější dopravní spojení je zajištěno v obcích ležících na významnější pozemní komunikaci, předkládá i Nigrin a Dujka (2014). Marada a Květoň (2010) a Marada (2006) dále uvádí, že v případě municipalit většího významu, především těch, jejichž význam se zvýšil v předcházejícím období, tato skutečnost platit nemusí, protože vývoj dopravní infrastruktury zaostává za vývojem sídelní hierarchie, zde je vhodnějším ukazatelem počet projíždějících automobilů. Na opačné straně spektra jsou venkovské oblasti s velmi řídkou sítí dopravní infrastruktury, která vede k nižšímu rozsahu veřejné hromadné dopravy (Šťastná a Vaishar, 2017; Santos, Behrendt a Teytelboym, 2010).

V tranzitivních ekonomikách dopravní infrastruktura hraje klíčovou roli v dynamice regionálního rozvoje po pádu komunistických režimů (Hornák, Struhár a Pšenka, 2015). Jasný vztah mezi sídelní hierarchií a přístupem k dopravní síti popisují Kraft (2012), Kraft a Vančura (2009) a Marada (2003). Kraft (2012) a Rodrigue, Comtois a Slack (2006)

poukazují na vzájemnou reciprocitu dopravní infrastruktury a sídelní struktury, zaprvé umístění sídel historicky determinovalo vznik dopravní infrastruktury, protože dopravní interakce jsou závislé na rozmístění uzlů a hran na dopravní síti, zadruhé rozmístění socioekonomických aktivit v dnešní době je vždy vázáno na dopravní dostupnost. Kraft (2012) dále sestavil hierarchii sídel ČR z pohledu jejich dopravního významu daného jejich polohou na dopravní síti.

Specifický vliv na rozsah dopravní obslužnosti mají křižovatky významnějších dopravních cest. Historicky tvořily místa pro nově vznikající sídla a i dnes tyto křižovatky utváří nové lokality pro bydlení i ekonomické aktivity, často se jedná o místa, která dosud byla bez dopravní obslužnosti (Kvizda et al., 2015).

### *Přístup k železnici*

Specifickým bodem v přístupu k dopravní infrastruktuře je napojení sídla na síť železnice, která přináší větší možnosti napojení na dopravní síť a s tím i větší rozsah dopravní obslužnosti (Horňák, Struhár a Pšenka, 2015; Chmelík, Květoň a Marada, 2010; Seidenglanz, 2010; Marada, 2003). Železnice je ve střední Evropě tradičním dopravním módem s téměř 200letou tradicí (Seidenglanz, Nigrin a Dujka, 2015; Grandjot a Bernecker, 2014; Knowles, 2006). V nedávné době je patrný nárůst nabídky i poptávky po železniční dopravě v metropolitních oblastech, především v příměstské dopravě (Seidenglanz, Nigrin a Dujka, 2015; Seidenglanz, Chvátal a Nedvědová, 2014; Schwedes, 2011). Specifickou roli hraje železnice ve víkendové dopravní obslužnosti, jak uvádí Nigrin a Dujka (2014), na železničních tratích na rozdíl od veřejné linkové dopravy obecně nedochází k zastavení osobní dopravy o víkendu a v nepracovních dnech, paradoxně na nejméně vytižených tratích bývá zachován v tyto dny obdobný rozsah dopravy jako ve dny pracovní.

Jedním z důležitých témat spojených s regionální železniční dopravou je otázka frekvence dopravních spojení. Zajištění odpovídající frekvence spojů ovlivňuje spokojenost cestujících v regionální železniční dopravě a může mít vážné dopady na demografický rozvoj obzvláště u periferních regionů (Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015; Fröidh a Byström, 2013).

Železnici nelze chápat jednoduše, v ploše regionu je třeba rozdělovat železnici na dvě skupiny tratí, zaprvé příměstské dráhy a lehké železnice, případně dráhy propojující svými parametry železniční a tramvajovou dopravu, kde je předpoklad intenzifikace provozu a dalšího rozvoje (Seidenglanz, Nigrin a Dujka, 2015; Hebbert, 2014; Vermote et al., 2014; Fröidh, 2005). Druhou skupinu tvoří železnice na venkově a v odlehlých oblastech s nízkou

hustotou osídlení, kde je pozice takových drah komplexním problémem a vývoj železnic směřuje k významným omezením provozu či zastavení provozu (Hornák a Tóth, 2013; Taczanowski, 2012). Výjimkou jsou dráhy v oblastech s turistickým potenciálem, kde železniční doprava do atraktivních lokalit má vyšší šanci, že bude zachována (Michniak, 2014; Michniak a Rosik, 2012).

Seidenglanz, Nigrin a Dujka (2015) dále uvádí, že častým důvodem pro nižší využití železničních tratí v regionální dopravě je jejich nevhodné trasování, v příměstské dopravě je pak problémem kvalita a kapacita tratí. Jako typický příklad je uváděn technologicky a infrastrukturně nedostatečně rozvinutý železniční uzel Brno (Seidenglanz, Nigrin a Dujka, 2015; Seidenglanz, Chvátal a Nedvědová, 2014; Dukát, 2005). Na obdobný problém s nedostatečnou kapacitou železniční infrastruktury na území hlavního města naráží i organizátor Pražské integrované dopravy ROPID (ROPID, 2015).

#### ***1.7.4 Organizační a legislativní faktory***

Oproti v předchozím výčtu představeným faktorům lze faktory z této skupiny charakterizovat jako univerzálně platné na rozsáhlejších území, které je možné v geopolitických souvislostech ČR chápat jako území celého státu.

#### ***Legislativní rámec veřejné dopravy a rozdělení kompetencí v zajišťování veřejné dopravy***

Problematika české legislativy a hierarchického rozdělení systému dopravní obslužnosti je představena v oddílu 1.6 Současná podoba dopravní obslužnosti v České republice na straně 34. Přestože v ČR došlo k vývoji správným směrem, stále chybí zásadní koordinační autorita, která by měla pravomoci rozhodovat o podobě a rozsahu dopravní obslužnosti na rozhraních mezi jednotlivými objednateli (Ministerstvo dopravy ČR, 2015; Wokoun, 2008). Seidenglanz, Nigrin a Dujka (2015) uvádí, že, přestože všechny střeoevropské země upravují legislativu v souladu s evropskou, lze mezi nimi vysledovat rozdíly, v Rakousku je dopravní systém centralizovaný, oproti tomu v Německu a ČR je hluboce decentralizovaný a o podobě dopravní obslužnosti na svém území rozhodují samy kraje, resp. spolkové země v případě Německa.

Rye et al. (2018) si všímají, že k zajištění regionální veřejné dopravy je třeba spolupráce mnoha formálních a neformálních organizací, která vede k podpoře plánování, provozu a rozvoji místní i regionální veřejné hromadné dopravy.

### *Soulad kompetencí a finančního zajištění, finanční rámec pro veřejnou dopravu*

Wokoun (2008) za důležitý faktor označuje stabilitu finančního rámce veřejné dopravy a vztah finanční a právní odpovědnosti. V současné době Ministerstvo dopravy (2015) vnímá nezbytnost stabilizace systému financování veřejné dopravy jako zásadní problém, který je dočasně utlumen Memorandem o zajištění stabilního financování dopravní obslužnosti veřejnou regionální železniční osobní dopravou (Česko et al., 2009), jehož závaznost však není legislativně podpořena a přináší pravidelně se opakující spory o zahrnutí inflace do finančního příspěvku krajům na objednávku veřejné drážní dopravy. Po roce 2019 je předpoklad legislativního řešení, ideálně zakotvením mandatorních výdajů na dopravu do právních předpisů, a to i na nižších úrovních (Ministerstvo dopravy ČR, 2015), aktuální politický vývoj však směřuje pouze k uzavření nového Memoranda o zajištění stabilního financování dopravní obslužnosti veřejnou drážní dopravou (Michalčík a Vichita, 2019, 2018).

Přestože jsou na zajištění veřejných služeb v přepravě cestujících vynakládány objednateli významné finanční částky, existuje v ČR patrný soulad politické i celospolečenské poptávky po veřejné dopravě, ze strany obyvatelstva existuje tlak na politickou sféru, zejména ve smyslu zachování infrastruktury i dopravního provozu, a v zásadě příznivý postoj k výdajům na veřejnou dopravu (Wokoun, 2008).

Marada a Květoň (2010, s. 25) zásadní význam rozhodování o financování veřejné dopravy objednateli shrnují následovně: *„Jiným faktorem subjektivního charakteru, ovšem pravděpodobně nejzásadnějším, který ovlivňuje stav veřejné hromadné dopravy v sídlech je institucionální rozhodování ve smyslu plánování dotované regionální dopravní obslužnosti dopravními odbory krajských úřadů. (...) Toto subjektivní rozhodnutí o alokaci subvencí je pravděpodobně motivováno mj. rozdílným vnímáním významu veřejné dopravy v životě obyvatel regionu, nebo rozdílnou citlivostí k ekologickým hlediskům apod.“*

Vyšší počet spojů veřejné linkové dopravy na území Velké Británie je tímto faktorem výrazně ovlivněn též, dle Graye (2001) jde o závazek příslušných orgánů a jejich historický přístup k dopravní obslužnosti.

### *Konkurence ve veřejné dopravě a souběžný provoz komerčních a veřejných služeb v přepravě cestujících*

Komerčně vedené spoje zajišťují municipalitám, přes které jsou vedeny, dodatečnou dopravní obslužnost nad rámec objednávky příslušných orgánů. Bílá kniha politiky koncepce veřejné dopravy 2015–2020 poukazuje na problém souběžného provozu komerčních a veřejných služeb, ten je považován za závažný a do budoucna existuje široký konsensus na potřebné regulaci komerčních služeb vedoucí k ochraně služeb veřejných (Ministerstvo

dopravy ČR, 2015, s. 16-17): „V oblasti silniční a železniční dopravy jde zejména o problém ekonomický (odčerpávání výnosů z jízdného – prohlubování ztráty dotovaných dopravců, tzv. vyzobávání rozinek), který je v silniční dopravě řešen regulací prostřednictvím licencí, v železniční dopravě však není řešen vůbec. V železniční dopravě navíc existuje další závažný problém: omezená kapacita železniční dopravní cesty – možnost volné soutěže na trhu je omezena kapacitou kolejí, kde na rozdíl od silnice není možný provoz několika souběžných, konkurenčních spojů, a kde větší nabídka komerčních spojů omezuje zejména regionální dotovanou dopravu (na krajskou dopravu už „nemusí zbýt místo na kolejích“).“

Z hlediska konkurence ve veřejné dopravě je česká dopravní obslužnost zajišťována převážně formou soutěže o trh („soutěž mimo dopravní cestu“) a následným ziskem výlučného práva provozu veřejné dopravy na vysoutěženém souboru linek či tras (Filippini, Koller a Masiero, 2015; van de Velde, 1999). Van de Velde (1999) dále uvádí, že v daném modelu mají objednatelé veřejné dopravy prostor a možnost definovat podobu veřejné dopravy zcela dle jejich plánu, což navazuje na pohled na sociální funkci veřejné dopravy. Jedinými příklady soutěže na trhu („soutěž na dopravní cestě“, tzv. open-access) jsou trh dálkové autobusové dopravy a dálková železniční doprava na trati Praha – Ostravsko (– Slovensko / Polsko), kterou se blíže zabývají např. Tomeš et al. (2016, 2014). Specifickou situací je provoz pravidelných vlakových spojů provozovaných na komerční riziko dopravce na tratích, kde jsou souběžně vedeny i vlaky objednané příslušnými orgány. Jedná se o relace Praha – Olomouc – Staré Město u Uherského Hradiště (– Uherský Brod – Nitra), Praha – Brno – Bratislava / Wien a úseky tratí, kam pokračují komerční vlaky linky Praha – Ostravsko za Ostravou (SŽDC, 2019a). Ačkoliv v současné době takové vlaky nejsou zavedeny, do prosince 2018 existovaly i regionální železniční spoje provozované dopravci na komerční riziko na trati Praha – Benešov současně s vlaky objednávanými na této trati Středočeským krajem a hlavním městem Praha (SŽDC, 2017).

#### **1.7.5 Standardy dopravní obslužnosti**

Některé příslušné orgány samy či v rámci svých organizátorů veřejné dopravy stanovují na svém území standardy dopravní obslužnosti (Pečený, Gašparík a Dolinayová, 2014; Vuchic, 2007). Standardy dopravní obslužnosti se zaměřují na konkrétní kvalitativní a kvantitativní parametry charakterizující dopravní obslužnost, přičemž definují jejich minimální přijatelnou úroveň kvality či kvantity. Standardy dopravní obslužnosti nejsou nijak kodifikovány v české legislativě, existují pouze minimální technické požadavky

na elektronické odbavovací systémy kvůli jejich kompatibilitě (Nigrin a Dujka, 2014; Česko, 2010b).

Jedním z běžně užívaných standardů dopravní obslužnosti je standard četnosti spojů. Nigrin a Dujka (2014) a Meško a Chovancová (2015) jej označují jako standard frekvence spojů, obdobně KORDIS JMK (2011, 2016) v Jihomoravském kraji jako standard minimální frekvence spojů do obce. Ústecký kraj (2016) jej označuje jako obslužný standard obce. Obvyklé je rozdělení standardu na pracovní a nepracovní dny: „*Standard četnosti spojů (...) je zajištění dopravního spojení každé obce (místní části obce), ve které vznikne přepravní potřeba na základě veřejného zájmu minimálně šesti páry spojů v pracovní dny v roce a dvěma páry spojů v SO a NE v roce pouze při odůvodnitelné poptávce v časovém rozložení provozního dne podle přepravní potřeby a místních podmínek.*“ (Středočeský kraj, 2016, s. 108)

Tento standard definuje pouze minimální akceptovatelný rozsah spojů obsluhujících municipalitu, konkrétní počty spojů se liší mezi jednotlivými objednateli a zároveň se mohou měnit i v čase: „*Standardy četnosti spojů mají úzkou vazbu na rozpočtové možnosti kraje – tzn. pokud by v budoucnu bylo možné navýšení dotace na dopravní obslužnost, bylo by možné i zvýšit četnost spojů dle těchto standardů.*“ (KOVED, 2011, s. 11)

V rámci standardu nemusí být dále diferencovány minimální akceptovatelné počty spojů dle dalších kvalitativních či kvantitativních charakteristik obsluhovaných sídel. Příkladem diferenciací počtu spojů dle počtu obyvatel je Ústecký, Liberecký, Moravskoslezský či Zlínský kraj (Ústecký kraj, 2016; KORID LK, 2015; Moravskoslezský kraj, 2011; KOVED, 2011). Moravskoslezský kraj dále rozlišuje standard základní a zvýšený dle finančního příspěví municipalit na provoz veřejné linkové autobusové či veřejné drážní dopravy zajišťující standard (Moravskoslezský kraj, 2011), obdobný přístup s nadstandardním rozsahem dopravní obslužnosti na základě příspěvků obce užívá i Liberecký kraj, jeho standard minimální nabídky spojení je však diferencován dle počtu obyvatel jednotlivých sídel, tento pohled je pak doplněn o standard minimální nabídky spojení dle účelu cesty, definované účely cesty jsou školy, zaměstnání, úřady, zdravotnická zařízení a nákupy (KORID LK, 2015). Zlínský kraj představuje podrobné členění pro šest kategorií posuzovaných jednotek dle počtu obyvatel, dále zohledňuje i funkční charakter oblasti, kategorie C6 posuzuje obsluhu čistě průmyslových zón (KOVED, 2011).

Steer Davies Gleave (2016) v souvislosti s minimální požadovanou frekvencí spojů do sledované jednotky uvádí, že na trasách s nízkou poptávkou může být považováno za nezbytné zajistit minimální definovaný rozsah spojů, přičemž jeho zajištění vede

k zachování sociálních standardů, nicméně využitelnost daného spojení může být například dva cestující využívající takové spojení. Taková situace negativně ovlivňuje technicko-provozní ukazatele, avšak může být vysoce kladně hodnocena cestujícími (Steer Davies Gleave, 2016).

V rámci české dopravní politiky je široce diskutována otázka celostátních standardů, které by zvýšily atraktivitu veřejné dopravy pro cestující, především paušálně platné kvantitativní standardy je velmi obtížné nastavit tak, aby reflektovaly diferencovanost jednotlivých regionů a krajů, dalším problémem je otázka ekonomická, kdo by hradil dodatečné náklady vyvolané přizpůsobením dopravní obslužnosti těmto standardům po oddělení finančně kompetentního objednatele od standardizačně kompetentního orgánu (Ministerstvo dopravy ČR, 2015).

CZECH Consult (2011) ve své Metodice zpracování plánů dopravní obslužnosti území doporučuje krajům rozdělit území na zóny dle jejich charakteristik osídlení a pro každou takovou zónu stanovit minimální počet spojů v daném typu dne, zároveň zdůrazňuje, že pro splnění podmínek plynoucích ze zákona č. 194/2010 Sb., o veřejných službách v přepravě cestujících a o změně dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, je třeba posuzovat také rozložení spojů v průběhu dne.

## **1.8 Modelování dopravní obslužnosti regionu**

Systemy veřejné hromadné dopravy, především v urbánních a suburbánních oblastech, jsou předmětem mnoha analýz a matematických modelů zaměřujících se na jejich vybrané aspekty a technické, technologické, sociální i ekonomické charakteristiky. Stejně tak existuje velké množství studií, které se zabývají poptávkou po dopravě v městských oblastech, jedná se však o principiálně odlišné modely od analýzy rozsahu dopravní obslužnosti. Cíle dopravní obslužnosti jsou výrazně širší než jen provozovat veřejnou dopravu efektivně ve vztahu k poptávce po dopravě. Damborský et al. (2014) uvádí, že dosavadní studie zaměřené na veřejnou dopravu se zabývají spíše technickou a technologickou stránkou dopravy a provozu, poměrně malé množství modelů se zaměřuje na rozsah veřejné dopravy, přičemž i tyto jsou orientovány na urbánní a suburbánní oblasti. V souladu s Damborským et al. (2014) Šťastná, Vaishar a Stonawská (2015) a Kamruzzaman a Hine (2012) uvádí, že vědecké studie zaměřené na veřejnou dopravu jsou převážně orientovány na městskou a příměstskou dopravu, tedy na vztah měst a jejich blízkého okolí. Veřejná doprava v hůře dostupných řídcích osídlených periferních venkovských oblastech není obvykle analyzována, především z důvodu její ekonomické neefektivity a relativně malého rozsahu v porovnání s městskou

a příměstskou dopravou (Šťastná, Vaishar a Stonawská, 2015). Autoři často problém dopravy v regionu automaticky spojují s vlastnictvím osobního automobilu (Gray, Farrington a Kagermeier, 2008).

Jediným autorovi známým modelem, ve kterém je hodnocen objem veřejné dopravy v jednotlivých sídlech zaměřeným na celou plochu regionu, je model Diferenciace nabídky dopravních příležitostí v českých obcích a sociogeografických mikroregionech zpracovaný Maradou a Květoněm v prvním desetiletí 21. století (Marada a Květoň, 2010).

Model je zaměřen na hodnocení nabídky dopravních příležitostí v posuzovaných jednotkách, přičemž hodnoceny jsou dvě základní podoby nabídky, kterými jsou automobilizace jednotky, tedy podíl vlastnictví automobilu a nabídka veřejné hromadné dopravy (Marada a Květoň, 2010). Pomocí pokročilých statistických metod autoři dále vypočítávají prostorové autokorelace sledovaných ukazatelů, je užitá analýza pomocí Moranova kritéria I a analýza LISA (Lokální indikátory prostorové asociace, z angl. Local Indicators of Spacial Association), výsledkem je identifikace oblastí s rozdílným charakterem prostorové autokorelace, a tím vytvoření jednotlivých oblastí a jejich následné rozdělení do skupin dle společných charakteristik typologie dopravní nabídky s využitím hierarchické shlukové analýzy.

Přestože model není přímo zaměřen na analýzu počtu spojů veřejné hromadné dopravy, jedná se o významný vstup modelu. V rámci modelu je hodnocen počet spojů veřejné hromadné dopravy obsluhujících obce v každém ze 166 mikro- a subregionů ČR za 24 hodin (Marada a Květoň, 2010). Hodnocení diferencuje význam spojů, spoje veřejné linkové dopravy bez rozlišení příměstského či dálkového charakteru a regionální spoje veřejné drážní dopravy mají váhu jedna, oproti tomu dálkové (spěšné a rychlíkové) spoje veřejné drážní dopravy mají váhu tři, v konečném hodnocení tedy jeden takový spoj představuje tři spoje veřejné hromadné dopravy (Marada a Květoň, 2010). Autoři jako důvod pro diferenciaci uvádí nižší frekvenci, výrazně vyšší kapacitu těchto spojů a zapojení sídla do sítě nadregionální veřejné hromadné dopravy. Tato data však slouží jako jednorázový vstup do modelu, nejsou sledována dlouhodobě, ani nejsou dále samostatně vyhodnocována.

## **1.9 Kritické zhodnocení analýzy současného stavu**

Sestavená rešeršní analýza současného stavu v oblasti tématu disertační práce představila ve strukturované formě problematiku veřejné dopravy, dopravní obslužnosti a faktorů determinujících její rozsah, přičemž analyzovanou problematiku logicky zasadila



do obecného rámce v oblasti dopravy včetně zdůraznění jejího významu. Zároveň analýza poukázala na specifika této oblasti.

V úvodní části byla představena veřejná hromadná doprava a její nepopiratelný přínos soudobé společnosti, který spočívá především v udržitelné alternativě vůči individuální automobilové dopravě. Přináší výhody v sociální oblasti, využívání prostoru, ve vztahu k životnímu prostředí, v otázkách bezpečnosti a v rozvoji. Obzvláště v sociální oblasti se jedná o nezbytnou podmínku zajištění životního standardu obyvatel zprostředkovávající potřebnou mobilitu a dostupnost služeb a aktivit všem obyvatelům postižené sociální exkluzí nevyjímaje, dále se jedná o esenciální determinant regionálního rozvoje. V ploše regionu je pak s gradientem přechodu z městského na venkovský charakter osídlení význam veřejné hromadné dopravy vzrůstající.

Dopravní ekonomové uvádí, že v určitých případech může být veřejná doprava zisková ve standardním ekonomickém pohledu, nicméně drtivá většina veřejných dopravních služeb není v čistě ekonomickém pohledu životaschopná. Hodnocení přínosu veřejné dopravy je třeba posunout z čistě ekonomického pohledu na pohled socio-ekonomický a pohlížet na veřejnou hromadnou dopravu jako na veřejnou službu v obecném zájmu. Tento pohled zároveň transformuje ekonomický model, kdy nabídka veřejných služeb v přepravě cestujících vzniká primárně za účelem saturace poptávky po přepravě, na model, ve kterém je nabídka veřejných služeb v přepravě cestujících na určité úrovni veřejným zájmem z důvodu saturace popsanych potřeb jiných než poptávka. Zahrnutí především sociální dimenze do plánování rozsahu veřejné hromadné dopravy je nezbytnou podmínkou udržitelné mobility. Veřejný zájem na zajištění z ekonomického pohledu neefektivních spojů veřejné hromadné dopravy je reprezentován institutem dopravní obslužnosti. V rámci dopravní obslužnosti vzniká finanční tok od objednatelů veřejných služeb v přepravě cestujících (příslušných orgánů) dopravcům zajišťujícím dopravní služby. Finanční tok však není podporou dopravci, nýbrž regionu a jeho občanům, kterým zajišťuje veřejné služby, které by jinak nebyly na komerční bázi dopravci nabízeny, nebo by byly nabízeny dopravci pouze v omezené podobě. Podpora veřejné dopravy tedy nemá za cíl její hospodářskou efektivitu, ale její dostupnost. Problematika široce přesahuje oblast dopravy do mnoha dalších oborů. Její specifický multidisciplinární charakter značně limituje možnosti jejího hodnocení z důvodu absence univerzální metody postihující všechny aspekty.

V České republice dlouhodobě existuje kvalitní systém veřejné hromadné dopravy, který je poměrně využíván i díky historické tradici dojíždění za prací veřejnou hromadnou dopravou. Tento systém je většinou zajišťován v rámci dopravní obslužnosti. Dlouhodobě

je na zajištění pravidelné veřejné přepravy osob v ČR příslušnými orgány vynakládáno přibližně 20 miliard Kč ročně.

Analýza současného stavu v oblasti tématu disertační práce se detailně zaměřila na faktory, které determinují rozsah dopravní obslužnosti. Zde se jedná o široké spektrum zahrnující demografické, sociální, geografické a socio-geografické, infrastrukturní, organizační a legislativní faktory. Přestože autoři v odborné literatuře vnímají význam jednotlivých faktorů různě, na kruciólním významu počtu obyvatel jako nejvýznamnějším ukazateli panuje shoda. Významnost ostatních faktorů není známá a často podléhá regionálním specifikům. Struktura rozsahu dopravní obslužnosti a faktory jej ovlivňující jsou posuzovány pouze výčtově či popisem. Míra jejich reálného vlivu na výslednou podobu dopravní obslužnosti hodnocena v literatuře není.

Přestože mnozí autoři i Ministerstvo dopravy ČR vnímají problém nesouvislosti kvality veřejné hromadné dopravy na celém území a potvrzují výrazné disproporce v počtu spojů zajišťujících veřejnou hromadnou dopravu ve srovnatelných oblastech v různých regionech, v podmínkách České republiky nebyl zjištěn ani teoretický koncept metodiky hodnocení rozložení spojů veřejné hromadné dopravy v ploše regionu. Současné standardy dopravní obslužnosti, pokud jsou vůbec stanoveny, definují pouze doporučený minimální počet spojů v dané sídelní jednotce, případně částečně reflektují další faktory, především počet obyvatel, nicméně stále poskytují pouze minimální doporučený počet spojů a jednotlivé sídelní jednotky nijak neporovnávají proti sobě, stále tedy přetrvávají výrazné regionální disparity.

Absence jednotné hodnotící metodiky je závažející i z pohledu ekonomického, kdy přes poměrně vysokou částku alokovanou příslušnými orgány na zajištění veřejných služeb v přepravě cestujících neexistuje metodika hodnocení efektivity rozložení spojů v prostoru regionu ani modelové vyčíslení předpokládaného počtu spojů na základě kvantifikovaných faktorů determinujících dopravní obslužnost. Vybrané kraje v rámci standardů dopravní obslužnosti přichází s možností nadstandardní dopravní obsluhy za finančního přispění daných obcí, v současnosti neexistuje uspokojivá metodika k vymezení standardního a nadstandardního rozsahu. Dlouhodobě existuje pouze zintenzivňování dohledu nad dopravci a ekonomickou oprávněností jejich nákladů.

Aktuálně probíhá legislativní proces implementace výrazného zvýšení nároků na jednotlivé objednatele veřejné dopravy ve vztahu k plánování veřejné dopravy, závaznost plánů dopravní obslužnosti vyžaduje přesnější vymezení míry jednotlivých vlivů na rozsah dopravní obslužnosti.

Závěrem analýzy současného stavu řešené problematiky je zjištění absence metodiky pro hodnocení vlivu faktorů ovlivňujících rozsah dopravní obslužnosti na skutečnou podobu rozsahu dopravní obslužnosti. V návaznosti na to se navrhovaná disertační práce zaměří na vyhodnocení míry vlivu jednotlivých posuzovaných faktorů na výsledný počet spojů dopravní obslužnosti a sestavení metodiky hodocení rozsahu dopravní obslužnosti jednotlivých sídelních jednotek regionu.

## 2 DEFINICE CÍLŮ DISERTAČNÍ PRÁCE

Na základě podrobné rešeršní analýzy současného stavu řešené problematiky v České republice i zahraničí jsou definovány cíle disertační práce. **Hlavním cílem disertační práce je sestavit metodiku hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách regionu s využitím matematicko-statistického modelu k odvození predikovaného počtu spojů veřejné hromadné dopravy.**

**Metodiku** lze dle Bureše (2007) a Simistera a Jayratny (1996) chápat jako explicitní způsob strukturování a myšlení založený na určitém pohledu na realitu a množině filosofických paradigmat, musí být členěna na konkrétní kroky v definovaném zdůvodněném pořadí s popisem způsobu jejich realizace, na zdůvodnění pořadí jednotlivých kroků metodiky kladou zmínění autoři největší důraz. Obdobně ji vymezuje Šín (2009) jako teoreticko-praktické schéma definující postup provádění odborné činnosti, který je založen na vědeckém poznání a empirii a exaktně stanovuje jednotlivé postupy.

Boulmetis a Dutwin (2011) uvádí, že **hodnocení** je systematický proces sběru a analýzy dat s cílem umožnit rozhodování. Detailnější popis představuje definice sestavená Stufflebeamem a Shinkfieldem (2007), ti hodnocení chápou jako proces tvorby kvalifikovaných soudů a doporučení k takovým jevům jako je spolehlivost (hladké fungování např. veřejné dopravy), účinnost (stupeň splnění cíle), nákladová efektivnost, bezpečnost, snadnost použití a poctivost.

**Dopravní obslužností** se rozumí zabezpečení dopravy ve vymezeném rozsahu (Česko, 2010a). Sarkar (2010) definuje obecně **sídlo** jako shluk příbytků jakéhokoliv typu či velikosti, kde žijí lidé. **Sídelní jednotky** v českých podmínkách definuje zákon č. 230/2006 Sb., kterým se mění zákon č. 89/1995 Sb., o státní statistické službě, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony: „*Základní sídelní jednotkou (se rozumí) jednotka představující části území obce s jednoznačnými územně technickými a urbanistickými podmínkami nebo spádová území seskupení objektů obytného nebo rekreačního charakteru.*“ (Česko, 2006, s. 2869)

**Matematický model** je reprezentace esenciálních aspektů existujícího systému, nebo systému, který bude zkonstruován, která prezentuje poznání o tomto systému ve využitelné podobě (Eykhoff, 1974). Briš a Litschmannová (2008) uvádí, že matematický model musí stejně jako každý jiný model znázorňovat objektivním způsobem jevy a procesy reálného světa, matematický model vyjadřuje zákonitosti jevů a procesů. Statistický model, či model

matematicko-statistický je specifickým typem modelu matematického, který zahrnuje sadu statistických předpokladů o vstupních datech (Cox, 2006).

Uvedený matematicko-statistický model bude s vysokou mírou věrohodnosti vytvářet odhady počtu spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku v jednotlivých analyzovaných sídelních jednotkách posuzovaného regionu. Východiskem pro dosažení uvedeného cíle bude komplexní analýza jednotlivých faktorů determinujících počty spojů veřejné hromadné dopravy v sídelních jednotkách, jejich kvantifikace a zahrnutí statisticky významných faktorů do modelu, výstupem z modelu bude kromě samotného počtu spojů veřejné hromadné dopravy také míra vlivu jednotlivých posuzovaných faktorů na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy.

Model postihne širokou škálu specifických aspektů determinujících výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy obsluhujících danou sídelní jednotku, bude umožňovat transparentně porovnat skutečný počet spojů dopravní obslužnosti a počet spojů odhadnutý modelem dle vlivu zahrnutých faktorů determinujících rozsah dopravní obslužnosti pro jednotlivé sídelní jednotky, bude tak vhodným podpůrným nástrojem při rozhodování o zajištění dopravní obslužnosti na území regionu. Zároveň je zde potenciál širokého využití dané metodiky ve výzkumu ve snaze blíže porozumět dané problematice a v návaznosti na to model vede k přínosům i v oblasti vzdělávání.

V kapitole 1 této práce již byla provedena rozšiřující analýza současného stavu poznání v této oblasti na základě rešerše české i zahraniční odborné literatury a tato analýza byla podrobena kritickému zhodnocení. Na základě analýzy současného stavu poznání byly definovány faktory, které determinují rozsah zajištěné dopravní obslužnosti. Pro naplnění vyčteného cíle disertační práce je nutné dále splnit následující dílčí cíle:

1. S využitím vhodných vědeckých metod navrhnout matematicko-statistický model, jehož účelem je odvození predikovaného počtu spojů veřejné hromadné dopravy v jednotlivých sídelních jednotkách regionu. Požadavkem na výsledný model je jeho schopnost věrně predikovat úroveň dopravní obslužnosti hodnocených obcí na základě uvedených faktorů, které rozsah dopravní obslužnosti determinují.
2. S využitím vhodných vědeckých metod navrhnout metodiku hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách regionu, která využije v předchozím dílčím cíli sestavený model.
3. Metodiku užít k sestavení matematicko-statistického modelu.
4. Aplikovat metodiku a v jejím rámci sestavený matematicko-statistický model na vybraný region, kalibrovat model na základě skutečných dat z tohoto regionu

popisujících současný stav dopravní obslužnosti a ověřit jeho věrohodnost. Výstup modelu podrobit kritickému zhodnocení, které bude závěrečným krokem metodiky.

### 3 PŘEHLED ZVOLENÝCH METOD ZPRACOVÁNÍ

Kapitola představuje přehled zvolených vědeckých metod zpracování, tyto metody jsou v rámci kapitoly rozděleny do dvou skupin a představeny. Ve čtvrté kapitole disertační práce jsou pak metody využity ke zpracování vlastního řešení a k dosažení cíle disertační práce. Kapitola obsahuje oddíl 3.1, který je zaměřen na obecné explanační vědecké metody, a oddíl 3.2, který je zaměřen na metody prognostické, na nichž bude postavena nosná část vlastního přínosu disertační práce. V závěrečném oddílu 3.3 jsou uvedeny oblasti, ve kterých jsou jednotlivé popsání vědecké metody ve vazbě na zpracovávání disertační práce využity.

V průběhu celého zpracovávání disertační práce budou k dosažení vytčených cílů disertační práce užívány pouze postupy postavené na racionální logice v souladu s metodologií vědy splňující předpoklady kladené na vědecko-výzkumné bádání. Na jejich základě dojde k užití určitých metodik a v nich obsažených metod vědecko-výzkumné práce. Volba předpokládaných zvolených metod zpracování vychází ze zásad vědeckého poznávání, důraz bude kladen na systematickosti a organizovanost.

Vědecké zkoumání bude realizováno ve třech standardních základních krocích, kterými jsou explorace, predikce a explanace (Olecká a Ivanová, 2010):

- Explorace je úvodní částí vědeckého výzkumu, popisem, v jejím rámci jsou zjištěny elementy, které souvisí s předmětem výzkumu, a je popsána jejich charakteristika.
- Predikce je druhou částí vědeckého výzkumu, přímo navazuje na exploraci. Jedná se o zjišťování konkrétních kvalitativních a kvantitativních charakteristik elementů identifikovaných v předchozí exploraci a popisu vazeb mezi jednotlivými elementy.
- Závěrečnou částí je explanace, která obsahuje vysvětlení, podání informace o podmínkách vazeb mezi zkoumanými elementy.

#### 3.1 Obecné explanační vědecké metody

Základními stavebními kameny jsou obecné explanační vědecké metody, které jsou univerzálně použitelné na všech stupních vědeckého poznání. Širší prostor pro aplikaci těchto metod je především v explorativní části vědeckého výzkumu, přičemž tyto metody byly již využity i při zpracovávání analýzy současného stavu poznání v oblasti disertační práce.

### **3.1.1 Metoda literární rešerše**

Sběr, shromáždění, třídění a zpracování informací tvoří samotný počátek vědecké činnosti, tato základní metoda umožňuje poznání řešené problematiky a vede badatele k porozumění zákonitostem poznávané problematiky. Mohammed a Ahmed (2018) uvádí, že literární rešerše formuje základy každého akademického výzkumu, jedná se o nejsignifikantnější a nezbytný znak akademické výzkumné práce. Vychází z předpokladu, že účelem každého výzkumu je odhalit pravdu, stopy literární rešerše lze identifikovat již v 17. století (Mohammed a Ahmed, 2018; Robbins, Judge a Vohra, 2013). Literární rešerše je výběr dostupných dokumentů a materiálů v oblasti realizovaného výzkumu zahrnující data, myšlenky, informace a psané důkazy z jasně určeného zdroje, na který je možné se odkázat za účelem rozvoje vědecko-výzkumné práce (Hart, 1998). Machi a McEvoy (2016) dokládají, že se jedná o psanou argumentaci, která nese určité stanovisko získané s využitím logických pravidel založených na důkazech získaných z rešerše dříve realizovaného výzkumu. Jesson, Matheson a Lacey (2011) vymezují dva základní typy literární rešerše:

1. Systematická rešerše užívá standardizovanou strukturovanou metodologii přesně definovanou protokolem, vyžaduje vyčerpávající analýzu veškeré relevantní literatury, obvykle ji užívají pouze zkušení výzkumníci pro recenzované vědecké příspěvky. V protokolu metodologie jsou vysvětleny podrobně všechny fáze, které ji tvoří.
2. Tradiční rešerše nemá specifický metodologický přístup, poskytuje výzkumníkovi větší volnost, ale zároveň vede k subjektivnímu přístupu autora. Obvykle je užívána při vyvíjení nových nápadů a při snaze o identifikaci mezer současného vědeckého poznání.

### **3.1.2 Abstrakce a konkretizace**

Abstrakce je dle Janíčka a Marka (2013) myšlenkový proces, při kterém jsou odhalovány obecné a bazální charakteristiky zkoumaného jevu či prvku, zároveň pomáhá zvýrazňovat odlišnosti a zvláštnosti. Konkretizaci autoři chápou jako přidělování názorné charakteristiky nějaké entitě, ve druhé významové rovině jako identifikaci konkrétního specifika z daného souboru entit.

### **3.1.3 Dedukce a indukce**

Dedukce je obecně užívaná metoda uvažování, která vychází ze stanovených premis považovaných za pravdivé, na základě premis pomáhá odhalit závěr, který z premis vyplývá (Hendl, 2008). Široký (2010) uvádí, že při užití dedukce se z obecných závěrů a tvrzení



vyvozuje nový, méně obecný závěr, který je na základě logiky nezpochybnitelný. Reverzní metodou uvažování k dedukci je indukce.

Indukce je vhodno užít v situaci, kdy jsou známy obecné závěry a uvažováním je třeba odvodit premisy a dílčí poznatky, ze kterých závěry vyplynuly. Široký (2010) popisuje, že v případě, kdy nelze provést indukci úplnou, tedy při odvozování zkoumat všechny prvky zkoumaného jevu, například z důvodu, že jich není konečný počet, nejsou závěry indukce jednoznačné, ale i tak vysoce pravděpodobné. Hendl (2008) indukci popisuje s využitím jevových kategorií, indukce je dle něj založena na identifikaci charakteristiky sledovaných prvků zahrnutých do dané jevové kategorie, tuto charakteristiku budou tedy mít všechny prvky dané jevové kategorie. Dle Lišky (2010) indukce umožňuje překročit časoprostorovou omezenost dat a induktivní závěry překračují informaci získanou v původních datech, vedou tedy k vytvoření vědecké teorie.

Dle Martina, Sharmy a Stephana (2001) mají obě metody společný princip odvozování vědeckých závěrů, který lze definovat následovně. Existuje-li sada výroků  $T$ , pak od těchto výroků logicky odvodíme výrok  $\varphi$ , přičemž výrok  $\varphi$  může být odvozen indukčně i dedukčně, přičemž výrok  $\varphi$  je pravdivý ve všech modelech sady výroků  $T$  (Martin, Sharma a Stephan, 2001).

Liška (2010) uvádí, že indukce obvykle vede ke zrodu ekonomické teorie, dedukce pak k jejímu testování a případnému zamítnutí díky zamítnutí deduktivně odvozených hypotéz.

### **3.1.4 Analýza a syntéza**

Dle Širokého (2010) je analýza velmi často užívanou vědeckou metodou, dochází při ní k dekompozici zkoumané problematiky na její dílčí aspekty či složky, cílem analýzy je vysvětlit sledovaný problém zevrubným prozkoumáním jeho složek. Dle potřebné hloubky analýzy je možný rozklad až na elementární části. Hendl (2008) zdůrazňuje zkoumání komponent analyzovaného systému, zaměření se na jejich fungování jako samostatných prvků a identifikaci vazeb mezi nimi.

Logickým protikladem analýzy je syntéza. Základním principem syntézy je propojení jednotlivých částí problematiky do jednoho celku. Široký (2010) uvádí, že při syntéze jsou sledovány podstatné souvislosti mezi jednotlivými složkami zkoumaného jevu, díky čemuž je možné odhalit vnitřní zákonitosti a fungování jevu. Hendl (2008) uvádí, že v rámci syntézy jsou jednotlivé komponenty skládány do celku a sledovány jsou hlavní organizační

principy, kterými se celek řídí. Syntéza je vhodný postup pro shrnutí získaných znalostí a dovedností v určené oblasti vědeckého badání.

### **3.1.5 Analogie a komparace**

Analogie je přenos výsledku průběhu známého procesu v systému na jiný systém na základě jejich relativní podobnosti, komparace je zaměřena na vlastnosti různých objektů při neměnných podmínkách, případně ke zkoumání jejich chování za proměnlivých podmínek (Štědroň et al., 2012).

### **3.1.6 Expertní odhad**

Expertní odhad je využití odborníka, či skupiny odborníků na danou oblast, k nalezení odpovědi na otázky, na něž lze odpovědět pouze se zvláštními znalostmi, velmi časté je užití k prognózování vývoje do budoucna (Fotr a Hnilica, 2014). Kutscherauer (2004) popisuje doporučený postup pro expertní odhady, prvotní je analýza problémové oblasti a exaktní formulace otázek, na které je třeba odpovědět, navazuje identifikace expertů, stanovení podmínek jejich práce, následně dojde k hodnocení řešeného problému experty a vyhodnocení jejich doporučení.

## **3.2 Prognostické metody**

Nosnými metodami zpracování disertační práce budou metody prognostické. Dle Jirsáka, Mervarta a Vinše (2012) lze prognostické metody dělit na intuitivní a exaktní, vzhledem k charakteru popisu prognózovaných fenoménů a jejich jednotlivých aspektů je možné metody označovat také jako kvalitativní (intuitivní) a kvantitativní (exaktní). Užití intuitivních vědeckých metod v rámci zpracování disertační práce není předpokládáno, na rozdíl od metod exaktních, které zásadním způsobem přispějí k dosažení vytčených cílů práce.

Za účelem prokázání vzájemných vztahů mezi sledovanými jevy a následnému exaktnímu popisu vztahu mezi proměnnými, které budou analyzovány jako potenciální faktory determinující rozsah dopravní obslužnosti, budou užity matematicko-statistické vědecko-výzkumné metody. Záměrem autora je užití kombinace vhodných typů regresní analýzy, která je považována za základní statistickou metodu ke zkoumání závislosti mezi numerickými znaky (Blatná, 2008a).

Regresní analýza je jednou z nejuniverzálnějších metod statistické analýzy vztahů, jedná se soubor statistických metod, pomocí nichž lze odhalit a kvantifikovat funkční vztahy mezi posuzovanými statistickými proměnnými (Blatná, 2009). Při posuzování funkčních vztahů dochází ke sledování závislosti vysvětlované (někdy též výstupní) veličiny  $Y$

na vysvětlujících (vstupních) veličinách  $x_1 \dots x_k$ . Při plánovaném experimentu dochází k nastavení vysvětlujících proměnných  $x_1 \dots x_k$  a sledování změn vysvětlované proměnné  $Y$ , přičemž cílem je najít odhad optimálních regresních parametrů (Hebák, 1998).

Bondell a Stefanski (2013) v souladu s Paulem a Fungem (1991) uvádí, že lineární regrese založená a metodě nejmenších čtverců je dříč statistiky užívaný téměř ve všech vědních oborech. Regresní analýza bývá často užívána k analýze vývoje časových řad, pro niž má velmi příhodné charakteristiky, nicméně princip regresní analýzy při popisu vlivu vysvětlujících proměnných na závislou proměnnou lze užít i pro vhodně strukturovaný prostor s proměnlivými charakteristikami. „*Regresní analýza patří mezi velmi rozšířené statistické metody analýzy datových souborů s mnoha proměnnými. (...) Její techniky lze využít v kterékoliv vědní oblasti, např. přírodní vědy, společenské vědy, medicína, technické obory atd.*“ (Fišerová, 2015, s. 6). Na obdobnou univerzálnost užití v rozmanitých vědních oborech poukazuje i Hebák (1998).

Užití v dopravě a dopravní geografii není ojedinělé, příkladem může být studie autorů Bocarejo a Oviedo Hernandez (2012), kteří využívají regresní analýzu k vyhodnocování přístupnosti veřejné dopravy v jednotlivých oblastech Bogoty. Regresi aplikovanou na geografickou strukturu území užívají i Chiou, Jou a Yang (2015) ve své studii o faktorech ovlivňujících využití veřejné hromadné dopravy na území Taiwanu, stejný přístup volí Andersson (2017) k vysvětlení rozdílů v dostupnosti veřejné hromadné dopravy a využívání individuální automobilové dopravy v různých oblastech Švédska. K porovnání 30 zvolených měst z různých zemí světa a míry využití tamní MHD v závislosti na definovaných faktorech využívají regresní analýzu i Moeinaddini et al. (2015), obdobnou analýzu 25 severoamerických měst představili Boisjoly et al. (2018). K průběžnému vyhodnocování využití autobusové dopravy užívají regresní analýzu i Massachusetts Bay Transportation Authority, která zajišťuje veřejnou dopravu v Bostonu a okolí (Massachusetts Bay Transportation Authority, 2019). Regresní model pro provozní doby autobusů v příměstské dopravě v oblasti Winnipegu sestavili Alfa et al. (1988). Hawas (2013) využívá kombinaci regresních modelů k simulaci linkotvorby a síťových jízdních dob veřejné linkové dopravy.

### **3.2.1 Lineární regrese**

Regresní funkce je podmíněná střední hodnota výstupní (náhodné) veličiny vzhledem k proměnlivým kombinacím hodnot vstupních (nenáhodných) veličin, regresi lze tedy chápat

jako závislost střední hodnoty veličiny  $Y$  na proměnné  $x$  (van Wieringen, 2019; Hebák, 1998), jak je naznačeno ve vzorci (1) dle Blatné (2008a).

$$Y = f(x, \beta_1, \dots, \beta_k) + \varepsilon = E(Y|x) \quad (1)$$

kde:

$Y$  ..... výstupní veličina [-],

$x$  ..... vstupní proměnná veličina [-],

$\beta_1, \dots, \beta_k$  ..... regresní parametry [-],

$k$  ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$f(x, \beta_1, \dots, \beta_k)$  ..... regresní funkce [-],

$\varepsilon$  ..... náhodná složka způsobená vlivy, které nepostihuje regresní funkce [-],

$E(Y|x)$  ..... podmíněná střední hodnota výstupní veličiny  $Y$  [-].

Obecně lze regresní analýzu popsat následujícím regresním modelem, ve kterém závislá proměnná je rovna regresní funkci a náhodné chybě. Náhodná chyba je logický důsledek toho, že při experimentu jsou k dispozici pouze napozorované hodnoty veličiny  $Y$ , nikoli hodnoty bezchybné (Draper a Smith, 1998), Hebák (1998) náhodnou složku označuje jako rušivou složku. Nejčastěji užívaná regresní analýza je založena na lineárním regresním modelu, v němž je funkce  $f$  lineární kombinací  $k$  funkcí (Hebák, 1998). Zjednodušený vektorový pohled na lineární regresi dle van Wieringena (2019), Tvrdíka (2013), Bremer (2012), Anděla (2007, Zváry (2002), Hebáka (1998). Rousseeuwa a Yohaie (1984), Goluba, Heatha a Wahby (1979) a Hoerla a Kennarda (1970) je naznačen ve vzorci (2).

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2)$$

kde:

$\mathbf{y}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot závislé proměnné o počtu  $n$  složek [-],

$\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],

$\boldsymbol{\beta}$  ..... vektor regresních koeficientů o počtu  $p$  složek [-],

$\boldsymbol{\varepsilon}$  ..... vektor náhodné chyby o počtu  $n$  složek [-].

Bodell a Stefanski (2013) uvádí, že vektor regresních koeficientů  $\boldsymbol{\beta}$  má  $p$  složek, kdy první složkou je absolutní regresní parametr  $\beta_0$  a následuje  $k$  parametrů  $\beta_j$ , přičemž  $p$  je tedy odvozeno dle vzorce (3).

$$p = k + 1 \quad (3)$$

kde:

$p$  ..... počet složek vektoru  $\boldsymbol{\beta}$ , které reprezentují parametr  $\beta_0$  a  $k$  parametrů  $\beta_j$  [-],

$k$  ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-].

Hodnota 1 je k počtu regresních parametrů  $p$  přičtena z důvodu existence absolutního regresního parametru, který sice ve výsledném modelu není násoben proměnnou  $x_j^m$ , ale je integrální součástí vektoru regresních koeficientů  $\beta$  (Stuart, 2011; Zvára, 2002). Struktura vektoru dle Neubauera (2016a), Bremer (2012) a Hebáka (1998) je naznačena ve vzorci (4).

$$\beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix} \quad (4)$$

kde:

$\beta$  ..... vektor regresních koeficientů o počtu  $p$  složek [-],

$\beta_0$  ..... absolutní regresní parametr [-],

$\beta_1$  ..... regresní parametr nezávislé proměnné  $x_1$  [-],

$\beta_k$  ..... regresní parametr  $k$ -té nezávislé proměnné [-],

$k$  ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-].

Matice vysvětlujících proměnných  $\mathbf{X}$  má rozměr  $(n \times p)$ , kde  $n$  je počet pozorování a počet sloupců matice je  $p$  (van Wieringen, 2019). Absolutní regresní parametr musí být zohledněn kvůli násobitelnosti matice  $\mathbf{X}$  vektorem  $\beta$ , který má také  $p$  složek, proto je do matice  $\mathbf{X}$  uměle zahrnut do prvního sloupce jednotkový vektor (Oleszak, 2019; Bondell a Stefanski, 2013, Stuart 2011). Matici  $\mathbf{X}$  lze tedy dle Neubauera (2016a), Bremer (2012), Zváry (2008, 2002) a Hebáka (1998) popsat následovně, jak uvádí vzorec (5), Zvára (2008) tuto matici nazývá regresní matice, matice modelu či matice plánu. Anděl (2007) uvádí alternativní možnost zápisu regresní matice  $\mathbf{X}$ , ve kterém zdůrazňuje první sloupec tvořený jednotkovým vektorem, po němž následuje matice  $\mathbf{X}_1$ .

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & x_1^1 & \cdots & x_k^1 \\ 1 & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_1^n & \cdots & x_k^n \end{pmatrix} = (\mathbf{1}, \mathbf{X}_1) \quad (5)$$

kde:

$\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],

$x_1^1, \dots, x_k^n$  ..... jednotlivé nezávislé vstupní proměnné [-],

$k$  ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$\mathbf{1}$  ..... jednotkový vektor o počtu  $n$  složek [-],

$\mathbf{X}_1$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times k)$  neobsahující v prvním sloupci jednotkový vektor [-].

Lineární regrese je založena na metodě nejmenších čtverců, Čížek (2001) uvádí, že se pravděpodobně jedná o vůbec nejčastěji užívanou metodu odhadu v regresní analýze, především kvůli její jednoduchosti užití. Metoda nejmenších čtverců je známá od přelomu 18. a 19. století, její princip spočívá v hledání řešení, které má nejmenší součet čtverců odchylek za podmínky normálního rozdělení chyb měření (Gauß, 1809). Pro empiricky zjištěné hodnoty proměnných  $x$  sestavené do matice  $\mathbf{X}$  najde vhodnou aproximační funkci. Dle Fišerové (2015) a Bremer (2012) je hledání aproximační funkce postupem, který minimalizuje vektor náhodné chyby  $\boldsymbol{\varepsilon}$  dle vzorce (1), jeho snahou je najít ideální stav, kdy by platil vzorec (6), vektor  $\boldsymbol{\varepsilon}$  by tedy byl nulový.

$$\mathbf{y} = \hat{\mathbf{y}} = \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} \quad (6)$$

kde:

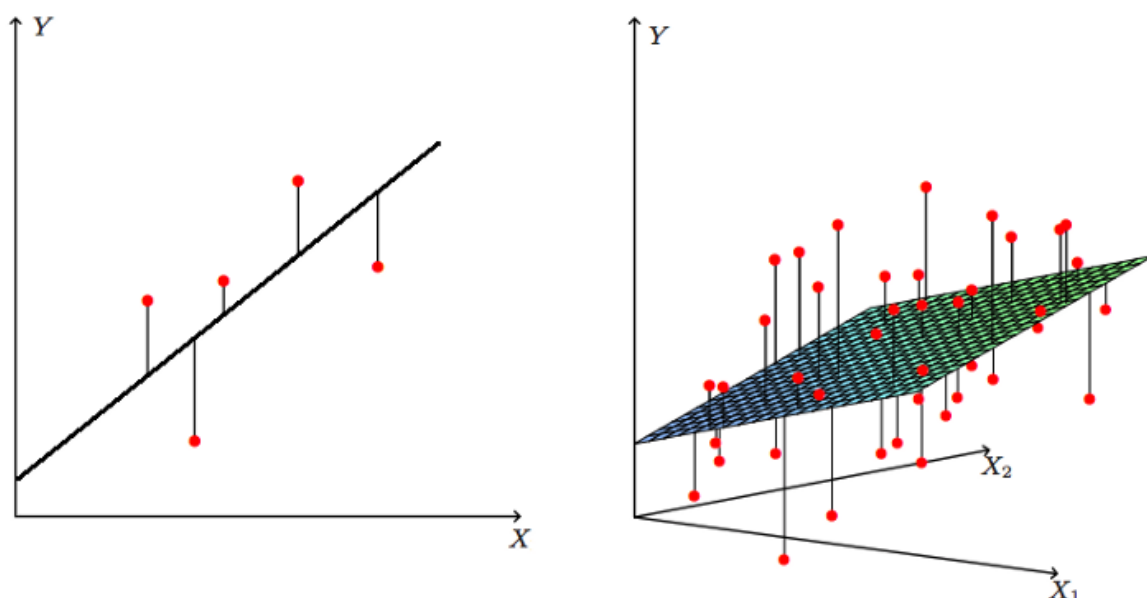
$\mathbf{y}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot závislé proměnné o počtu  $n$  složek [-],

$\hat{\mathbf{y}}$  ..... vektor predikovaných hodnot o počtu  $n$  složek zjištěný pomocí nalezené aproximační funkce [-],

$\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],

$\hat{\boldsymbol{\beta}}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\boldsymbol{\beta}$  o počtu  $p$  složek [-].

Grafické znázornění geometrického principu metody nejmenších čtverců pro lineární regresi s jednou a dvěma nezávislými proměnnými je v obrázku Obrázek 1.



**Obrázek 1** Grafické znázornění principu metody nejmenších čtverců pro lineární regresi s jednou a dvěma nezávislými proměnnými (Oleszak, 2019)

Dle Fišerové (2015) lze na základě předchozí rovnice ve vzorci (6) metodu nejmenších čtverců geometricky interpretovat tak, že jejím cílem je nalézt takový bod  $\hat{\beta}$ , který minimalizuje euklidovskou délku reziduálního vektoru  $\mathbf{\varepsilon}$ . Odhad náhodné složky reprezentované reziduálním vektorem  $\mathbf{\varepsilon}$  je reziduum  $\mathbf{e}$  (Blatná, 2008a).

Předpoklad uvedený v minulém vzorci (6), tedy rovnost  $\mathbf{y} = \hat{\mathbf{y}}$ , je pouze teoretický a v praxi v podstatě nedosažitelný, cílem tedy je pouze minimalizovat jejich rozdíl (Stuart, 2011; Rousseeuw a Yohai, 1984), jak je uvedeno ve vzorci (7).

$$\min_{\hat{\beta}} \mathbf{e} = \min_{\hat{\beta}} (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}) = \min_{\hat{\beta}} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\beta}) \quad (7)$$

kde:

- $\hat{\beta}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek [-],
- $\mathbf{e}$  ..... reziduální vektor rozdílů mezi skutečnou hodnotou závislé proměnné  $y$  a jejího predikovaného odhadu o počtu  $n$  složek [-],
- $\mathbf{y}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot závislé proměnné o počtu  $n$  složek [-],
- $\hat{\mathbf{y}}$  ..... vektor predikovaných hodnot o počtu  $n$  složek zjištěný pomocí nalezené aproximační funkce [-],
- $\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-].

Oproti geometrické definici matematická definice vychází z druhé mocniny, která zajišťuje kladné hodnoty velikosti chyb bez ohledu na jejich polohu v jedné ze dvou polorovin, které regresní přímka tvoří (Fišerová, 2015). Matematicky lze metodu nejmenších čtverců dle Hoerla a Kennarda (1970) přepsat tak, že je hledán takový vektor  $\hat{\beta}$ , pro který je velikost součinu  $(\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\beta})^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\beta})$  minimální. Popsaný princip metody nejmenších čtverců užívaný v lineární regresní funkci je sestaven do vzorce (8), ve kterém je i naznačen kvadratický rozklad (Neubauer, 2016a; Bremer, 2012; Stuart, 2011; Anděl, 2007; Hebák, 1998).

$$\min_{\hat{\beta}} \mathbf{e}^T \mathbf{e} = \min_{\hat{\beta}} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\beta})^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\beta}) = \min_{\hat{\beta}} (\mathbf{y}^T \mathbf{y} - 2\mathbf{y}^T \mathbf{X}\hat{\beta} + \hat{\beta}^T \mathbf{X}^T \mathbf{X}\hat{\beta}) \quad (8)$$

kde:

- $\hat{\beta}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek [-],
- $\mathbf{e}$  ..... reziduální vektor rozdílů mezi skutečnou hodnotou závislé proměnné  $y$  a jejího predikovaného odhadu o počtu  $n$  složek [-],
- $\mathbf{y}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot závislé proměnné o počtu  $n$  složek [-],

$\mathbf{X}$ ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-].

Stuart (2011) uvádí, že minimum výsledného vztahu ve vzorci (8) lze najít první parciální derivací podle složek vektoru  $\hat{\beta}$  položenou rovnu nule, čímž lze získat rovnici uvedenou v 1. řádku vzorce (9). Následně je naznačenými matematickými úpravami odvozen odhad vektoru regresních koeficientů  $\hat{\beta}$  (van Wieringen, 2019; Xiao, Coats a Ye, 2017; Bremer, 2012; Franc, 2011; Stuart, 2011).

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathbf{y}^T \mathbf{y} - 2\mathbf{y}^T \mathbf{X} \hat{\beta} + \hat{\beta}^T \mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\beta}}{\partial \hat{\beta}} &= 0 \\ -2\mathbf{X}^T \mathbf{y} + 2\mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\beta} &= 0 \\ -\mathbf{X}^T \mathbf{y} + \mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\beta} &= 0 \\ \mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\beta} &= \mathbf{X}^T \mathbf{y} \\ \hat{\beta} &= (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y} \end{aligned} \quad (9)$$

kde:

$\mathbf{y}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot závislé proměnné o počtu  $n$  složek [-],

$\mathbf{X}$ ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],

$\hat{\beta}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek [-].

Alternativně lze ze vzorce (8) odvodit i následující rovnost uvedenou ve vzorci (10), která znázorňuje jasněji princip samotné metody nejmenších čtverců (Bondell a Stefanski, 2013; Bremer, 2012; Franc, 2011).

$$\min_{\hat{\beta}} \mathbf{e}^T \mathbf{e} = \min_{\hat{\beta}} (\mathbf{y} - \mathbf{X} \hat{\beta})^T (\mathbf{y} - \mathbf{X} \hat{\beta}) = \min_{\hat{\beta}} \left( \mathbf{y} - \sum_{j=1}^k \mathbf{x}_j^T \hat{\beta} \right)^2 \quad (10)$$

kde:

$\mathbf{e}$  ..... reziduální vektor rozdílů mezi skutečnou hodnotou závislé proměnné  $y$  a jejího predikovaného odhadu o počtu  $n$  složek [-],

$\hat{\beta}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek [-],

$\mathbf{y}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot závislé proměnné o počtu  $n$  složek [-],

$\mathbf{X}$ ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],

$j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N}$  [-],

$k$  ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$\mathbf{x}_j$  ..... vektor hodnot  $j$ -té nezávislé proměnné o počtu  $k$  složek [-].



Ze vzorců (6) a (9) lze dle Neubauera (2016a), Bremer (2012) a Hebáka a Svobodové (2001) odvodit alternativní pohled na regresní model ve tvaru uvedeném ve vzorci (11). Matice  $\mathbf{H}$  odvozená v tomto vzorci popisuje lineární transformaci pozorovaných hodnot na hodnoty vyrovnané pomocí regresního modelu, někteří autoři, např. Bremer (2012), Tvrdlík (2013), Militký a Meloun (2002) a Hoaglin a Welsch (1978), ji označují jako projekční matici či hat matrix, Hebák a Svobodová (2001) považují toto označení za jazykově sporné.

$$\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} = \mathbf{X}(\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{y} \quad (11)$$

kde:

- $\hat{\mathbf{y}}$  ..... vektor predikovaných hodnot o počtu  $n$  složek zjištěný pomocí nalezené aproximační funkce [-],
- $\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],
- $\hat{\boldsymbol{\beta}}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\boldsymbol{\beta}$  o počtu  $p$  složek [-],
- $\mathbf{y}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot závislé proměnné o počtu  $n$  složek [-],
- $\mathbf{H}$  ..... projekční matice o rozměru  $(n \times n)$  [-].

Neubauer (2016a), Breheny (2011) a Hebák a Svobodová (2001) uvádí, že pro stopu projekční matice  $\mathbf{H}$ , tedy součet prvků na její diagonále platí, že je rovna počtu nezávisle proměnných, jak naznačuje vzorec (12). Hebák a Svobodová (2001) uvádí, že jednotlivé prvky  $h_{mm}$  na diagonále projekční matice  $\mathbf{H}$  bývají označeny jako tzv. efekty (v angl. leverage) či h-prvky (v angl. h-hat values), tyto prvky vyjadřují váhu empiricky pozorované hodnoty  $y^m$  na odhadnutou hodnotu  $\hat{y}^m$ .

$$p = \text{Stopa}(\mathbf{H}) = \sum_{m=1}^n h_{mm} \quad (12)$$

kde:

- $p$  ..... počet složek vektoru  $\boldsymbol{\beta}$ , které reprezentují parametr  $\beta_0$  a  $k$  parametrů  $\beta_j$  [-],
- $\mathbf{H}$  ..... projekční matice o rozměru  $(n \times n)$  [-],
- $m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],
- $n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],
- $h_{mm}$  ..... prvek na diagonále projekční matice  $\mathbf{H}$ , který se nachází na  $m$ -tém řádku a v  $m$ -tém sloupci [-].

Neubauer, Sedlačík a Kříž (2016), Neubauer (2016a), Bremer (2012) a Hebák (1998) na vzorec (7) navazují tvrzením, že rezidua  $e^m$ , která jsou dána rozdílem mezi empiricky

pozorovanou hodnotou  $y^m$  a predikovanou hodnotou  $\hat{y}^m$ , lze vyjádřit maticově rozdíly uvedenými ve vzorci (13).

$$\mathbf{e} = \mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}} = \mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} = \mathbf{y} - \mathbf{H}\mathbf{y} = (\mathbf{I} - \mathbf{H})\mathbf{y} \quad (13)$$

kde:

- $\mathbf{e}$  ..... reziduální vektor rozdílů mezi skutečnou hodnotou závisle proměnné  $y$  a jejího predikovaného odhadu o počtu  $n$  složek [-],
- $\mathbf{y}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot závisle proměnné o počtu  $n$  složek [-],
- $\hat{\mathbf{y}}$  ..... vektor predikovaných hodnot o počtu  $n$  složek zjištěný pomocí nalezené aproximační funkce [-],
- $\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],
- $\hat{\boldsymbol{\beta}}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek [-],
- $\mathbf{H}$  ..... projekční matice o rozměru  $(n \times n)$  [-],
- $\mathbf{I}$  ..... jednotková matice o rozměru  $(n \times n)$  [-].

Pro vícenásobnou lineární regresi lze vzorec (7) rozepsat způsobem uvedeným ve vzorci (14). Rovnici lze jednoduchým způsobem převést na minimalizaci sumy reziduí jednotlivých pozorování, která je rovna reziduálnímu součtu čtverců (Oleszak, 2019; Fišerová (2015; Blatná, 2008a).

$$\begin{aligned} \min_{\hat{\boldsymbol{\beta}}} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}}) &= \min_{\hat{\boldsymbol{\beta}}} \left( \mathbf{y} - \sum_{j=1}^k \mathbf{x}_j^T \hat{\boldsymbol{\beta}} \right)^2 = \min_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_j} \sum_{m=1}^n \left( y^m - \hat{\beta}_0 - \sum_{j=1}^k x_j^m \times \hat{\beta}_j \right)^2 = \\ &= \min_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_j} \sum_{m=1}^n e^{m2} = \min_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_j} S_R \end{aligned} \quad (14)$$

kde:

- $\hat{\boldsymbol{\beta}}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek [-],
- $\mathbf{y}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot závisle proměnné o počtu  $n$  složek [-],
- $\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],
- $j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N}$  [-],
- $k$  ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],
- $\mathbf{x}_j$  ..... vektor hodnot  $j$ -té nezávislé proměnné o počtu  $k$  složek [-],
- $\hat{\beta}_0$  ..... odhad absolutního regresního parametru [-],
- $\hat{\beta}_j$  ..... odhad regresního parametru  $j$ -té nezávislé proměnné [-],
- $m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],

- $n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],  
 $y^m$  ..... skutečná empiricky zjištěná hodnota  $m$ -tého pozorování nezávislé proměnné [-],  
 $x_j^m$  ..... hodnota  $j$ -té nezávislé proměnné pro  $m$ -té pozorování [-],  
 $e^m$  ..... reziduum  $m$ -tého pozorování [-],  
 $S_R$  ..... reziduální součet čtverců [-].

Ve zcela lineárním modelu aplikovatelném za podmínky vícerozměrného normálního rozdělení uvažovaných náhodných veličin lze regresní funkci vyjádřit jako rovnicí nadroviny. Základní vzorec pro odvození výsledné podoby proměnné  $\hat{y}$ , zahrnující absolutní parametr  $\hat{\beta}_0$ , je dle Oleszaka (2019), van Wieringena (2019), Fišerové (2015), Zváry (2008) a Hebáka (19998) sestaven ve vzorci (15).

$$\hat{y}^m = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \times x_1^m + \dots + \hat{\beta}_k \times x_k^m = \hat{\beta}_0 + \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j \times x_j^m \quad (15)$$

kde:

- $\hat{y}^m$  ..... predikovaná hodnota pro  $m$ -té pozorování [-],  
 $m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],  
 $\hat{\beta}_0$  ..... odhad absolutního regresního parametru [-],  
 $\hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$  ..... odhad dílčích regresních parametrů [-],  
 $x_1^m, \dots, x_k^m$  ..... nezávislé proměnné pro  $m$ -té pozorování [-],  
 $k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],  
 $j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N}$  [-],  
 $\hat{\beta}_j$  ..... odhad regresního parametru  $j$ -té nezávislé proměnné [-],  
 $x_j^m$  ..... hodnota  $j$ -té nezávislé proměnné pro  $m$ -té pozorování [-].

Pro praktické užívání lineární regrese lze užít i software Microsoft Excel, který obsahuje funkci LINREGRESE, v případě potřeby vícenásobné lineární regrese obsahuje Microsoft Excel nástroj Analýza dat, který umožňuje komplexnější nastavení lineární regrese (Microsoft, 2019).

### 3.2.2 Robustní regrese

Hebák a Svobodová (2001) uvádí, že jakákoliv systematická či nenáhodná rezidua indikuje nedostatek regresního modelu. Robustní regrese se zaměřuje na úpravy regrese, kterými lze nahradit v lineární regresi předpokládanou skutečnost, že chyby měření vstupních proměnných způsobené náhodnou složkou jsou normálně rozděleny. Ve skutečnosti tomu tak často není a dochází ke snižování spolehlivosti metody nejmenších čtverců, neboť nepostihuje pravou podstatu funkčních vztahů sledovaných proměnných. „Základní myšlenka

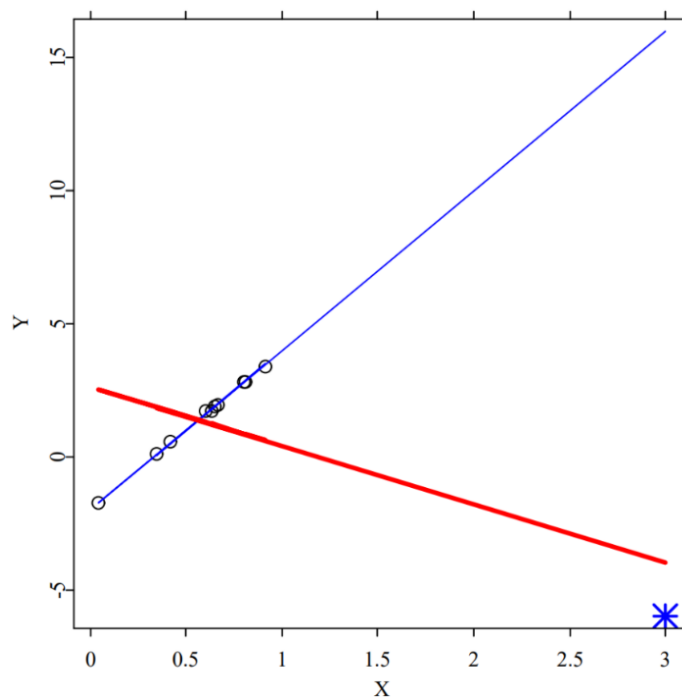
*robustní regrese spočívá v nalezení postupů, které modifikují metodu nejmenších čtverců tak, aby byla redukována citlivost MNČ (metoda nejmenších čtverců lineární regrese, pozn. autor) na odlehlá pozorování, ale současně byly zachovány dobré vlastnosti odhadů získaných MNČ.*“ (Blatná, 2011, s. 125)

Každé reziduum  $e^m$  je lineární kombinací všech náhodných veličin  $\varepsilon_j$  (Hebák a Svobodová, 2001). Náhodné chyby  $\varepsilon$  mají často zcela jiné rozdělení pravděpodobnosti než zbytek sledovaných hodnot, typické pro ně je rozdělení s těžkými chvosty, obvykle Cauchyho rozdělení, přičemž tato rozdělení generují odlehlá pozorování, v literatuře běžně označovaná jako outliers (Sugiyama, 2016; Motulsky a Brown, 2006). Rahman, Sathik a Kannan (2012) odlehlá pozorování ve statistice definují jako pozorování, jejichž hodnoty jsou numericky vzdálené od hodnot ostatních pozorování. Grubbs (1969) je pak chápe jako pozorování, která se výrazně odchyľují od ostatních pozorování stejného posuzovaného vzorku.

Odlehlá pozorování mohou vést ke změně rozdělení pravděpodobnosti reziduí, kdy díky jejich vlivu už rezidua nejsou rozdělena normálně a tedy nejsou splněny předpoklady pro užití regresní funkce (Bondell a Stefanski, 2013). Odlehlá pozorování lze jednoduše klasifikovat dle jejich odlehlosti ve vztahu ke kartézskému systému souřadnic na odlehlá pozorování ve směru osy  $y$ , ve směru osy  $x$  a ve směru obou os (Barnett a Lewis, 1994). Hebák a Svobodová (2001) uvádí, že metoda nejmenších čtverců je nesmírně citlivá na odlehlá pozorování. Dle Bondella a Stefanského (2013), Doornika (2011), Blatné (2009) a Čížka (2001) mohou odlehlá pozorování silně ovlivnit metodu nejmenších čtverců, dokonce mohou i změnit směr závislosti., Rousseeuw (1984) zdůrazňuje, že výsledná závislost může být silně ovlivněna už jedním odlehlým pozorováním.

Příčinou odlehlých pozorování může být kontaminace dat, kdy část dat pochází ze souboru s jiným rozdělením pravděpodobnosti či jinou střední hodnotou. Stuart (2011) uvádí, že odlehlá pozorování mohou v určitých případech zcela znehodnotit kvalitu regresních odhadů získaných pomocí metody nejmenších čtverců, zároveň však také zdůrazňuje otázku, zda se jedná o odlehlá pozorování či o systematický problém signalizující nezahrnutí důležitého aspektu do regresního modelu.

Ukázka ovlivnění metody nejmenších čtverců odlehlými pozorováními je uvedena na obrázku Obrázek 2. Čížek a Víšek (2000) popisují na obrázku modře znázorněnou regresní přímku pro všechna pozorování kromě hodnoty pro  $x = 3$  označené modrou hvězdičkou, červeně pak regresní přímku se zohledněním všech  $n$  pozorování včetně hodnoty pro  $x = 3$ .



**Obrázek 2** Ovlivnění metody nejmenších čtverců odlehlými pozorováními (Čížek a Víšek, 2000)

Motulsky a Brown (2006) uvádí, že existují dva základní přístupy k odlehlým pozorováním, lze je při zpracování zcela vynechat, nebo jim přidělit nižší váhu oproti ostatním pozorováním. Jejich vynechání vede ke zmenšení datového vzorku, což se může stát příčinou změny interpretace rozdělení chyb ve statistickém souboru. Odstranění odlehlých pozorování může také vést ke ztrátě informace, jak se regresní model chová v extrémních situacích (Rousseeuw a Hubert, 2011). Vyřazení odlehlých pozorování ze statistického modelu je některými autory označováno za nevhodné, oproti tomu však Blatná (2011, s. 125) uvádí: „*Je chybné tvrzení, že robustní postupy ignorují odlehlá pozorování, naopak, robustní regresní metody s vysokým bodem selhání jsou schopné existenci odlehlých (extrémních i vybočujících) pozorování odhalovat.*“

Zastánci nevyřazování odlehlých pozorování považují za vhodnější jejich zpracování takovou robustní regresí, která zohlední jejich odlehlost a přiřadí jim menší váhy (Montgomery, Peck a Vining, 2012). Bez ohledu na zvolený přístup je stěžejní problematikou při práci s odlehlými pozorováními jejich vymezení.

Bod selhání je určován u souborů dat s konečným počtem pozorování, určuje minimální podíl anomálních dat, který již může vést ke zkreslení odhadu regresních parametrů. Nejnižší možná hodnota je  $1/n$ , kde  $n$  je počet pozorování, takto nízké hodnoty dosahuje standardní metoda nejmenších čtverců užívaná v lineární regresí (Blatná, 2008b).

Současné poznání v oboru statistických věd doposud nezná metodu robustní regrese, která by podávala dobré výsledky při práci se všemi druhy dat dle charakteru odlehlých

pozorování, existuje několik různých metod. Nejjednoduššími metodami robustní regrese jsou tzv. **L-odhady**. Koenker a Bassett (1978) popisují L-odhady, ty jsou založeny na rozdělení získaných hodnot vstupních proměnných pomocí regresních  $\alpha$ -kvantilů, které jsou řešením rovnice sestavené ve vzorci (16).

$$\hat{\beta}_\alpha = \min_{\beta_\alpha} \left[ \sum_{\substack{j=1 \\ \varepsilon_j > 0}}^k \alpha \times \varepsilon_j + \sum_{\substack{j=1 \\ \varepsilon_j < 0}}^k (1 - \alpha) \times \varepsilon_j \right] \quad (16)$$

kde:

$\hat{\beta}_\alpha$  ..... odhad regresního parametru při využití  $\alpha$ -kvantilů L-odhadu [-],

$\alpha$  ..... kvantil L-odhadu [%],

$j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N}$  [-],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$\varepsilon_j$  ..... náhodná chyba  $j$ -té proměnné [-].

Při aplikaci L-odhadů tedy dojde k odhadu metodou nejmenších čtverců, nicméně tento odhad je proveden pouze pro pozorování  $m$ , která leží mezi nadrovinami odpovídajícími  $\alpha$ - a  $(1 - \alpha)$ -regresnímu kvantilu. Ostatní pozorování jsou z výpočtů vyloučena (Antoch a Vorlíčková, 1992). Autoři dále uvádí, že L-odhady jsou robustní pouze vůči odlehlým pozorováním ve směru osy  $y$ .

**M-odhady** jsou obvykle odvozovány pomocí software s využitím upravených iterací metody nejmenších čtverců (Montgomery, Peck a Vining, 2012). Iterační vzorec pro odhad vektoru regresních parametrů dle Stuart (2011) je uveden ve vzorci (17).

$$\hat{\beta}_M = (\mathbf{X}^T \mathbf{N} \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{N} \mathbf{y} \quad (17)$$

kde:

$\hat{\beta}_M$  ..... odhad vektoru regresních parametrů o počtu  $p$  složek při užití M-odhadu [-],

$\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],

$\mathbf{N}$  ..... diagonální matice vah o rozměru  $(n \times n)$  [-],

$\mathbf{y}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot proměnné o počtu  $n$  složek [-].

Obvykle stačí pouze několik opakování iterací. M-odhady jsou robustní také pouze vůči odlehlým pozorováním ve směru osy  $y$  (Rousseeuw a Yohai, 1984). M-odhady patří k výpočtově nejnáročnějším úlohám, v průběhu sestavy statistického modelu jsou voleny další parametry v závislosti na funkcích, které jsou definovány iteračními procesy.

V případě kontaminace značné části statistického souboru předchozí metody vedou k selhání odhadu, protože bod jejich selhání je nízký. **Odhady s vysokým bodem selhání** jsou konstruovány tak, aby dosahovaly bodu selhání až 50 %.

Mezi odhady s vysokým bodem selhání jsou řazeny tyto odhady (Huber a Ronchetti, 2009; Montgomery, Peck a Vining, 2012; Rousseeuw a Leroy, 1987):

- LTS – Least trimmed squares (metoda nejmenších useknutých čtverců),
- LMS – Least median of squares (metoda nejmenšího mediánu čtverců),
- SE – S-Estimators (S-odhady),
- MME – MM-Estimators (MM-odhady).

Metody LMS a SE jsou relativně málo využívané, jejich použití je pro specifické případy kontaminace dat, Víšek (2001) uvádí, že metoda LMS je zdlouhavá, neefektivní a poskytuje pouze nízkou spolehlivost, větší univerzálnost a častější preferování LTS oproti LMS uvádí i Doornik (2011). Metody MME a LTS jsou často užívány a dávají velmi dobré výsledky, z důvodu nižší výpočetní náročnosti byla do modelu autorem zvolena metoda LTS, která je dále blíže představena.

### *Metoda LTS*

Alfons, Croux a Gelper (2013) uvádí, že metoda LTS je velmi často užívanou metodou robustní regrese, dosahuje bodu selhání až 50 %. Rousseeuw a van Driessen (2006) zdůrazňují další výhody metody LTS, mezi které řadí vysokou statistickou věrohodnost odhadu a nižší citlivost na lokální výkyvy. Odhad LTS, tedy metodou nejmenších useknutých čtverců navrhl Peter Rousseeuw, jedná se o jednoduchou modifikaci regresní funkce, která je také postavena na metodě nejmenších čtverců (Simpson, 1997; Rousseeuw, 1984).

Metoda LTS pracuje na principu iterací, její postup ve čtyřech základních krocích popisuje Doornik (2011):

1. Zadání usekávací konstanty  $r$ .
2. Jsou vygenerovány všechny možné subsety (podvzorky)  $\gamma$  obsahující  $r$  pozorování. Pro každý subset  $\gamma$  jsou vypočteny odhady parametrů  $\beta$  standardní metodou nejmenších čtverců.
3. Pro všechny vektory  $\hat{\beta}_\gamma^{\text{LTS}}$  jsou pro všech  $n$  pozorování vypočtena rezidua  $e_{\text{LTS},\gamma}^m$  a pro každý vektor  $\hat{\beta}_\gamma^{\text{LTS}}$  sestaven vektor reziduí  $\mathbf{e}_\gamma$ , ve kterém jsou jednotlivé složky seřazeny v ordinálním pořadí dle velikosti druhých mocnin reziduí.
4. Je vybrán takový vektor  $\hat{\beta}_\gamma^{\text{LTS}}$ , který vede k dosažení nejnižší hodnoty minimalizačního kritéria pro  $r$  pozorování uvedeného ve vzorci (18) (Alfons, Croux a Gelper, 2013).

$$\begin{aligned} \min_{\gamma} \min_{\hat{\beta}_{\gamma}^{LTS}} \mathbf{e}_{\gamma}^{*2} &= \min_{\gamma} \min_{\hat{\beta}_{\gamma}^{LTS}} (\mathbf{y}_{\gamma}^* - \mathbf{X}_{\gamma}^* \hat{\beta}_{\gamma}^{LTS})^2 = \min_{\gamma} \min_{\hat{\beta}_0^{LTS, \gamma}, \hat{\beta}_j^{LTS, \gamma}} \sum_{[m_{\gamma}] = 1}^r e_{\gamma}^{[m_{\gamma}]2} = \\ &= \min_{\gamma} \min_{\hat{\beta}_0^{LTS, \gamma}, \hat{\beta}_j^{LTS, \gamma}} \sum_{[m_{\gamma}] = 1}^r \left( y^{[m_{\gamma}]} - \hat{\beta}_0^{LTS, \gamma} - \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j^{LTS, \gamma} \times x_j^{[m_{\gamma}]} \right)^2 \end{aligned} \quad (18)$$

kde:

$\gamma$  ..... identifikátor konkrétního subsetu o  $r$  pozorováních,  $\gamma \in \langle 1; \Gamma \rangle \wedge \gamma \in \mathbb{N} [-]$ ,

$\hat{\beta}_{\gamma}^{LTS}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek získaný metodou LTS pro subset  $\gamma [-]$ ,

$\mathbf{e}_{\gamma}^*$  ..... reziduální vektor rozdílů mezi skutečnou hodnotou závisle proměnné  $y$  a jejího predikovaného odhadu o počtu  $r$  složek reprezentujících pozorování subsetu  $\gamma$ , pořadí jednotlivých složek  $e_{\gamma}^{[m_{\gamma}]}$  je dáno ordinálním řazením dle velikosti jejich druhých mocnin  $[-]$ ,

$\mathbf{y}_{\gamma}^*$  ..... vektor referenčních hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti o počtu  $r$  složek reprezentujících sídelní jednotky subsetu  $\gamma$ , pořadí jednotlivých složek  $y_{\gamma}^{[m_{\gamma}]}$  je dáno ordinálním řazením dle velikosti druhých mocnin jejich reziduí vypočtených pro posuzovaný odhad vektoru  $\hat{\beta}_{\gamma}^{LTS} [-]$ ,

$\mathbf{X}_{\gamma}^*$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(r \times p)$ , pořadí řádků matice  $[m_{\gamma}]$  je dáno ordinálním řazením dle velikosti druhých mocnin jejich reziduí vypočtených pro posuzovaný odhad vektoru  $\hat{\beta}_{\gamma}^{LTS} [-]$ ,

$\hat{\beta}_0^{LTS, \gamma}$  ..... odhad absolutního regresního parametru vypočtený metodou LTS pro subset  $\gamma [-]$ ,

$\hat{\beta}_j^{LTS, \gamma}$  ..... odhad regresního parametru  $j$ -té nezávislé proměnné vypočtený metodou LTS pro subset  $\gamma [-]$ ,

$[m_{\gamma}]$  ..... identifikátor konkrétního pozorování v upraveném řazení dle velikosti druhých mocnin jejich reziduí vypočtených pro posuzovaný odhad vektoru  $\hat{\beta}_{\gamma}^{LTS}$ ,  $[m_{\gamma}] \in \langle 1; n \rangle \wedge [m_{\gamma}] \in \mathbb{N} [-]$ ,

$r$  ..... usekávací konstanta, počet pozorování zahrnutých do jednotlivých subsetů  $\gamma$  minimalizačního kritéria LTS,  $r \in \langle 1; n \rangle \wedge r \in \mathbb{N} [-]$ ,



- $e_{\gamma}^{[m_{\gamma}]}$  ..... reziduum pozorování  $[m_{\gamma}]$  vypočtené využitím posuzovaných odhadů parametru  $\beta$  pro subset  $\gamma$  [-],
- $y^{[m_{\gamma}]}$  ..... skutečná empiricky zjištěná hodnota nezávislé proměnné pro pozorování  $[m_{\gamma}]$  [-],
- $j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N}$  [-],
- $k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],
- $x_j^{[m_{\gamma}]}$  ..... hodnota  $j$ -té nezávislé proměnné pro pozorování  $[m_{\gamma}]$  [-].

Z uvedeného vzorce (18) je patrné, že dochází k zachování matematického principu výpočtu, oproti standardní „nerobustní“ lineární regresi však dochází k modifikaci kritéria. Nově zahrnuje pouze  $r$  pozorování, která tvoří subset  $\gamma$  a hodnoty  $m$  jsou nahrazeny hodnotami  $[m_{\gamma}]$ .

Blatná (2011) a Čížek a Víšek (2000) uvádí, že zatímco původní hodnoty  $m$  identifikovaly jednotlivá pozorování v původním pořadí, v jakém byla zadána do modelu bez ohledu na jejich konkrétní hodnoty, nové hodnoty  $[m_{\gamma}]$  slouží k ordinální identifikaci jednotlivých pozorování v pořadí, v jakém jsou seřazena jejich čtvercová rezidua pro každou posuzovanou podobu vektoru  $\hat{\beta}_{\gamma}^{\text{LTS}}$  pro jednotlivé subsety  $\gamma$  od nejmenšího po největší, jak je naznačeno ve vzorci (19).

$$e_{\gamma}^{[1]^2} \leq e_{\gamma}^{[2]^2} \leq \dots \leq e_{\gamma}^{[n]^2} \quad (19)$$

kde:

- $e_{\gamma}^{[1]}$  ..... reziduum sídelní jednotky  $[m_{\gamma}] = 1$  pro vícenásobnou lineární regresi sestavenou pro subset  $\gamma$  sídelních jednotek [-],
- $e_{\gamma}^{[2]}$  ..... reziduum sídelní jednotky  $[m_{\gamma}] = 2$  pro vícenásobnou lineární regresi sestavenou pro subset  $\gamma$  sídelních jednotek [-],
- $e_{\gamma}^{[n]}$  ..... reziduum sídelní jednotky  $[m_{\gamma}] = n$  pro vícenásobnou lineární regresi sestavenou pro subset  $\gamma$  sídelních jednotek [-].

Čížek (2002) uvádí, že hodnota  $r$  je pak usekávající konstanta (z angl. trimming constant), která snižuje počet původně zařazených pozorování pro výpočet regresní funkce z  $n$  hodnot na  $r$  hodnot. Pro hodnotu  $r$  platí podmínka, že  $\frac{n}{2} < r \leq n$ . Metoda LTS tedy z výpočtu regresní funkce vyjme  $(n - r)$  pozorování s největšími reziduy, která už dále nebudou mít vliv na výsledný odhad (Hannecke, Moore a Swan, 2011).

Softwarové zpracování iterační metody vede k vyhledání nejnižší hodnoty minimalizačního kritéria pro úzký rozsah hodnot kolem konstanty  $r$ . Velikost takového

rozsahu závisí na nastavení statistického software a je obvykle volitelná uživatelem (R Core Team, 2018).

Určení hodnoty  $r$  závisí na statistickém přístupu, v případě snahy o zachování vyšší vydatnosti odhadu a předpokladu nižší kontaminace dat se doporučuje zvolit vyšší  $r$ , naopak v případě evidentní existence vysokého počtu odlehlých pozorování je vhodné volit  $r$  nižší tak, aby tato odlehlá pozorování byla vyloučena (Blatná, 2008b). V případě volby  $r = n$  je patrné, že se jedná opět o standardní lineární regresi užívající metodu nejmenších čtverců bez zahrnutí prvků robustní regrese. Šimečková (2004) a Rousseeuw a Leroy (1987) uvádí, že z pohledu bodu selhání lze optimální hodnotu  $r$  vypočítat vztahem uvedeným ve vzorci (20).

$$r = \frac{n}{2} + \frac{p + 1}{2} \quad (20)$$

kde:

$r$ ..... usekávací konstanta, počet pozorování zahrnutých do jednotlivých subsetů  $\gamma$  minimalizačního kritéria LTS,  $r \in \langle 1; n \rangle \wedge r \in \mathbb{N} [-]$ ,

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N} [-]$ ,

$p$  ..... počet složek vektoru  $\beta$ , které reprezentují parametr  $\beta_0$  a následuje  $k$  parametrů  $\beta_j$  [-].

Blatná (2011) uvádí, že teoretický počet možností pro všechny subsety je  $\binom{n}{r}$ . Při statistickém zjišťování je obvykle rozhodné grafické vyjádření odlehlosti jednotlivých pozorování různými přístupy, běžně je užito Cookovy distance, Bonferroniho testu odlehlosti, QQ plotu porovnávajícího rezidua regrese s normálním rozdělením pravděpodobnosti či studentizace reziduí (R Core Team, 2018; Žák 2017; Paul a Fung, 1991). V praxi je pak často užita kombinace více metod. Statistické software mají různě definované  $r$ , například software SAS jej hledá v intervalu  $\langle \frac{n}{2} + 1; \frac{3n+k+1}{4} \rangle$ , přičemž defaultně vychází z hodnoty horní meze (Blatná, 2011).

Metody zjišťování odlehlých pozorování na základě grafické vzdálenosti od trendové křivky nalezené regresní funkcí fungují dobře ve většině případů, může však nastat situace, kdy potenciální odlehlé pozorování ovlivňuje výsledný model do takové míry, že regresní funkci přitáhne k tomuto pozorování a jeho standardizované reziduum je pak nízké a nevyvolává podezření, že by bod byl odlehlým pozorováním (Ranganai, 2016). Z důvodu zjištění takových „skrytých odlehlých pozorování“ byla sestavena metoda studentizovaných reziduí.

### Studentizovaná rezidua

Zatímco náhodné složky  $\varepsilon^m$  jsou nezávislé a mají stejný rozptyl  $\sigma^2$ , rozptyl reziduí  $e^m$  klesá s tím, jak se jemu odpovídající hodnoty proměnných vzdalují od průměrných hodnot  $x_j$ , protože regresní funkce lépe odpovídá hodnotám na konci řady, body na obou koncích řady mají tedy větší vliv na podobu regresní funkce, což je patrné i z jasné závislosti reziduí na koncích řady na sklonu regresní přímky, zatímco rezidua bodů uprostřed řady jsou ke sklonu regresní přímky celkem necitlivá (Pope, 1976).

Rezidua odhadů  $e^m$  nemohou u vícenásobné regresní funkce být nezávislá,  $n$  reziduí odhadů  $e^m$  má pouze  $(n - k)$  stupňů volnosti, protože  $k$  stupňů volnosti bylo ztraceno při odhadování regresních parametrů  $\beta_j$  (Stevens, 1984). Při postupu metodou studentizovaných reziduí dochází k postupnému odstraňování všech pozorování  $m$  z modelu po jednom, přičemž pokaždé je sestaven regresní model pro zbylých  $(n - 1)$  pozorování (Ranganai, 2016). Takový model je standardně optimalizován hledáním takového vektoru  $\hat{\beta}^{(m)}$ , který minimalizuje součet čtverců reziduí zahrnutých pozorování, odvození hodnoty vektoru  $\hat{\beta}^{(m)}$  je uvedeno ve vzorci (21).

$$\hat{\beta}^{(m)} = \left( \mathbf{X}^{(m)T} \mathbf{X}^{(m)} \right)^{-1} \mathbf{X}^{(m)T} \mathbf{y}^{(m)} \quad (21)$$

kde:

$\hat{\beta}^{(m)}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený pro lineární regresní model s vynecháním  $m$ -tého pozorování [-],

$\mathbf{X}^{(m)}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $[(n - 1) \times p]$  sestavená pro lineární regresní model s vynecháním  $m$ -tého pozorování [-],

$\mathbf{y}^{(m)}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot závislé proměnné o počtu  $(n - 1)$  složek sestavený pro lineární regresní model s vynecháním  $m$ -tého pozorování [-].

Analogicky lze sestavit i ostatní vzorce popisující vícenásobnou lineární regresi, jak byly představeny v pododdílu 3.2.1 této práce, ve všech vektorech a maticích je původních  $n$  pozorování nahrazeno  $(n - 1)$  pozorováními s vypuštěním  $m$ -tého pozorování. Odhad v bodě  $\hat{y}^{(m)}$  lze v souladu s Neubauerem (2016a) sestavit dle vzorce (22).

$$\hat{y}^{(m)} = \hat{\beta}_0^{(m)} + \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j^{(m)} \times x_j^m \quad (22)$$

kde:

- $\hat{y}^{(m)}$  ..... hodnota pro  $m$ -té pozorování predikovaná lineárním regresním modelem, který byl sestaven s vypuštěním  $m$ -tého pozorování [-],
- $\hat{\beta}_0^{(m)}$  ..... odhad absolutního parametru modelu, který byl sestaven s vypuštěním  $m$ -tého pozorování [-],
- $j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N}$  [-],
- $k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],
- $\hat{\beta}_j^{(m)}$  ..... odhad regresního parametru  $j$ -té nezávislé proměnné v modelu, který byl sestaven s vypuštěním  $m$ -tého pozorování [-],
- $x_j^m$  ..... hodnota  $j$ -té nezávislé proměnné pro  $m$ -té pozorování [-].

Po odstranění  $m$ -tého pozorování dojde k přepočtení regresní funkce a získání nového vektoru nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$ , jak je uvedeno ve vzorci (21). Návazně dojde k vypočtení odhadu  $\hat{y}^{(m)}$  pro  $m$ -té pozorování modelem, který byl sestaven s jeho vypuštěním a k jeho porovnání s původní regresní funkcí. Výsledkem je tzv. odstraněné reziduum (z angl. deleted reziduum) (de Jong, 1989). Neubauer (2016a) jej nazývá reziduem predikovaným. Matematicky je postup zachycen ve vzorci (23) dle Hebáka a Svobodové (2001). Hebák a Svobodová (2001) dále uvádí, že pro pozorování  $m$  by u statistických modelů s větším množstvím pozorování by odstraněná rezidua měla být téměř rovna nule s výjimkou odlehlých pozorování.

$$d^m = \hat{y}^m - \hat{y}^{(m)} \quad (23)$$

kde:

- $d^m$  ..... odstraněné reziduum  $m$ -tého pozorování [-],
- $\hat{y}^m$  ..... lineárním regresním modelem predikovaná hodnota pro  $m$ -té pozorování [-],
- $\hat{y}^{(m)}$  ..... hodnota pro bod  $y^m$  predikovaná modelem s vynechaným  $m$ -tým pozorováním [-].

Pro zjištění skutečné míry odchylnosti  $m$ -tého pozorování je třeba jej studentizovat, vypočítat tedy studentizované reziduum  $t^m$ , v literatuře někdy též označované jako externě studentizované reziduum<sup>1</sup>, vnějšně studentizované reziduum, odstraněné  $t$  reziduum či Jackknife reziduum (Hebák a Svobodová, 2001). Pro výpočet studentizovaného rezidua je však třeba nejdříve spočítat hodnotu reziduálního rozptylu odstraněných reziduí  $s_{d^m}^2$  při vynechání  $m$ -tého pozorování, jeho výpočet je uveden ve vzorci (24) sestaveném dle Neubauera (2016a).

---

<sup>1</sup> Za vnitřně studentizované reziduum se v případě tohoto názvosloví uvažuje standardizované reziduum.

$$s_{d^m}^2 = \frac{(\mathbf{y}^{(m)} - \hat{\mathbf{y}}^{(m)})^T (\mathbf{y}^{(m)} - \hat{\mathbf{y}}^{(m)})}{n - k - 1} \quad (24)$$

kde:

$s_{d^m}^2$  ..... rozptyl odstraněných reziduí při vynechání  $m$ -tého pozorování [-],

$\mathbf{y}^{(m)}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot závislé proměnné o počtu  $(n - 1)$  složek sestavený pro lineární regresní model s vynecháním  $m$ -tého pozorování [-],

$\hat{\mathbf{y}}^{(m)}$  ..... vektor predikovaných hodnot o počtu  $(n - 1)$  složek sestavený pro lineární regresní model s vynecháním  $m$ -tého pozorování [-],

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-].

Studentizované reziduum  $t^m$  pak lze jednoduše vypočítat jako podíl odstraněného rezidua a jeho směrodatné odchylky (Ranganai, 2016), jak je uvedeno ve vzorci (25).

$$t^m = \frac{d^m}{\sqrt{s_{d^m}^2}} \quad (25)$$

kde:

$t^m$  ..... studentizované reziduum  $m$ -tého pozorování [-],

$d^m$  ..... odstraněné reziduum  $m$ -tého pozorování [-],

$s_{d^m}^2$  ..... rozptyl odstraněných reziduí při vynechání  $m$ -tého pozorování [-].

Odstraněná rezidua  $d^m$  lze určit alternativně přímo odvozením z hodnoty reziduí  $e^m$  původního regresního modelu bez vynechání pozorování  $m$ , vzorec (26) naznačuje matematický postup (Neubauer, 2016a; Hebák a Svobodová, 2001).

$$d^m = \frac{e^m}{1 - h_{mm}} \quad (26)$$

kde:

$d^m$  ..... odstraněné reziduum  $m$ -tého pozorování [-],

$e^m$  ..... reziduum  $m$ -tého pozorování [-],

$h_{mm}$  ..... prvek na diagonále projekční matice  $\mathbf{H}$ , který se nachází na  $m$ -tém řádku a v  $m$ -tém sloupci [-].

Analogicky předchozímu výpočtu lze bez přepočtu regresního modelu odvodit i rezidua studentizovaná, opět je k tomu ale třeba nejdříve vypočítat rozptyl daného odstraněného rezidua  $s_{d^m}^2$ , ten lze vypočítat s využitím prvků na diagonále projekční matice  $\mathbf{H}$ ,

před výpočtem je však třeba sestavit výběrový rozptyl reziduí  $s_e^2$ . Neubauer (2016a) uvádí výpočet uvedený ve vzorci (27).

$$s_e^2 = \frac{1}{n-k} \times \sum_{m=1}^n (y^m - \hat{y}^m)^2 \quad (27)$$

kde:

- $s_e^2$  ..... výběrový rozptyl reziduí [-],
- $n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],
- $k$  ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],
- $m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],
- $n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],
- $y^m$  ..... skutečná empiricky zjištěná hodnota  $m$ -tého pozorování nezávislé proměnné [-],
- $\hat{y}^m$  ..... predikovaná hodnota pro  $m$ -té pozorování [-].

Následně lze vypočítat rozptyl odstraněných reziduí  $s_{d^m}^2$  při vynechání  $m$ -tého pozorování, postup výpočtu dle Neubauera (2016a) a Hebáka a Svobodové (2001) je naznačen ve vzorci (28).

$$s_{d^m}^2 = \frac{(n-k) \times s_e^2 - \frac{e^{m^2}}{1-h_{mm}}}{n-k-1} \quad (28)$$

kde:

- $s_{d^m}^2$  ..... rozptyl odstraněných reziduí při vynechání  $m$ -tého pozorování [-],
- $n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],
- $k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],
- $s_e^2$  ..... výběrový rozptyl reziduí [-],
- $e^m$  ..... reziduum  $m$ -tého pozorování [-],
- $h_{mm}$  ..... prvek na diagonále projekční matice  $\mathbf{H}$ , který se nachází na  $m$ -tém řádku a v  $m$ -tém sloupci [-].

Studentizované reziduum  $t^m$  je v tomto alternativním odvození dle Neubauera (2016a) a Stevense (1984) vypočteno vztahem dle vzorce (29).

$$t^m = \frac{e^m}{\sqrt{s_{d^m}^2 \times (1-h_{mm})}} \quad (29)$$

kde:

- $t^m$  ..... studentizované reziduum  $m$ -tého pozorování [-],
- $e^m$  ..... reziduum  $m$ -tého pozorování [-],

$s_{d^m}^2$  ..... rozptyl odstraněných reziduí při vynechání  $m$ -tého pozorování [-],

$h_{mm}$  ..... prvek na diagonále projekční matice  $\mathbf{H}$ , který se nachází na  $m$ -tém řádku a v  $m$ -tém sloupci [-].

Neubaeur (2016a) uvádí, že pro určení, zda je  $m$ -té pozorování odlehlé, se vychází z předpokladu, že studentizovaná rezidua  $t^m$  mají Studentovo  $t$  rozdělení pravděpodobnosti s daným počtem stupňů volnosti  $v_t^t$ , počet stupňů volnosti je dle Blatné (2014) vypočten ve vzorci (30).

$$v_t^t = n - k - 2 \quad (30)$$

kde:

$v_t^t$  ..... počet stupňů volnosti Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti studentizovaných reziduí daného regresního modelu [-],

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-].

Při určování, zda se jedná o odlehlé pozorování, dojde k porovnání hodnoty studentizovaného rezidua  $t^m$  s odpovídající hodnotou ve statistické tabulce Studentova  $t$  rozdělení s  $(n - k - 2)$  stupni volnosti. Jestliže je hodnota studentizovaného rezidua  $t^m$  vyšší než odpovídající hodnota ve statistických tabulkách Studentova  $t$  rozdělení, pak se jedná o odlehlé pozorování. Před porovnáním s hodnotou ze statistických tabulek je třeba určit hladinu spolehlivosti  $w$  daného testu v procentech, ta se promítá do odvození kvantilu Studentova  $t$  rozdělení  $\alpha_t^t$ , jak je naznačeno ve vzorci (31).

$$\alpha_t^t = 1 - \frac{w}{100} \quad (31)$$

kde:

$\alpha_t^t$  ..... kvantil Studentova  $t$  rozdělení pro test studentizovaných reziduí daného regresního modelu [-],

$w$  ..... požadovaná hladina spolehlivosti [%].

Pro samotné porovnání hodnot studentizovaného rezidua  $t^m$   $m$ -tého pozorování je v iniciační fázi třeba stanovit kritický obor hodnot studentizovaných reziduí analyzovaného lineárního regresního modelu  $W_t^t$ , jeho definice je ilustrována vzorcem (32).

$$W_t^t = \left\langle t_{1-\alpha_t^t}(v_t^t); \infty \right\rangle \quad (32)$$

kde:

$W_t^t$  ..... kritický obor hodnot studentizovaných reziduí analyzovaného lineárního regresního modelu [-],

$t_{1-\alpha_t^t}(v_t^t)$  ..... hodnota odečtená ze statistických tabulek Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro hladinu spolehlivosti  $(1 - \alpha_t^t)$  a  $v_t^t$  stupňů volnosti [-].

Testování hodnot studentizovaného rezidua  $m$ -tého pozorování naznačuje vzorec (33).

$$\begin{aligned} |t^m| \in W_t^t &\Rightarrow m \text{ je odlehlé pozorování} \Rightarrow m \in U \\ |t^m| \notin W_t^t &\Rightarrow m \text{ není odlehlé pozorování} \Rightarrow m \notin U \end{aligned} \quad (33)$$

kde:

$t^m$  ..... studentizované reziduum  $m$ -tého pozorování [-],

$W_t^t$  ..... kritický obor hodnot studentizovaných reziduí analyzovaného lineárního regresního modelu [-],

$m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],

$U$  ..... množina odlehlých pozorování [-].

Vzhledem k hodnotám statistických tabulek Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro vyšší počty pozorování, které jsou běžné u lineárních regresních modelů popisujících skutečné jevy, kdy je obvyklé, že  $n \geq 10$ , někteří autoři generalizují hodnoty z tabulek do hraničního kritéria hodnoty studentizovaného rezidua  $|t^m| = 3$  (IBM Knowledge Centre, 2018). Pokud je absolutní hodnota vyšší než 3, pak  $m$ -té pozorování považují za odlehlé, toto platí na hladině spolehlivosti 99,5 %, u vyšších  $n$  hladina spolehlivosti ještě vzrůstá. Blatná (2014) za podezřelé uvádí absolutní hodnoty vyšší než 2.

Všechna pozorování, která byla identifikována jako odlehlá, jsou zaznamenána a všechny jejich hodnoty  $m$  jsou zahrnuty do matice  $Z$ , počet prvků této matice je pak roven  $\rho$ .

### 3.2.3 *Multikolinearita v modelu*

Bremer (2012) a Hoerl a Kennard (1970) uvádí, že u vícenásobných regresních analýz, u kterých se s rostoucím počtem proměnných  $k$  snižuje spolehlivost metody nejmenších čtverců, vektory vstupních proměnných nejsou ortogonální, neboť absence ortogonality vektorů vede ke vzniku nežádoucí multikolinearity. Zvára (2008) k tomuto uvádí, že ačkoliv předpokladem lineární regrese je lineární nezávislost sloupců regresní matice  $\mathbf{X}$ , u reálných matic je těžké rozhodnout, zda tomu tak skutečně je. „*O multikolinearitě hovoříme tehdy, kdy matice  $\mathbf{X}$  má sice lineárně nezávislé sloupce, ale v nějakém smyslu jsou tyto sloupce téměř lineárně závislé.*“ (Zvára, 2008, s. 153). V případě vyšších hodnot multikolinearity je využití pouhé vícenásobné lineární regrese nedostatečné (Dorugade a Kashid, 2010).



Multikolinearita je silná vzájemná závislost mezi vysvětlujícími proměnnými, obvykle způsobená existencí tzv. přeureného regresního modelu, který obsahuje nadměrný počet vysvětlujících proměnných (Farrar a Glauber, 1967). Mezi nezávislými proměnnými  $x_j$  jsou takové, které jsou lineární kombinací nebo blízké lineární kombinaci jiných nezávislých proměnných (NCSS Statistical Software, 2019; van Wieringen, 2019), Hebák a Svobodová (2001) stav popisují tak, že existují takové sloupce matice  $\mathbf{X}$ , které jsou téměř lineárně závislé. Dosažení naprosté ortogonalit vektorů jednotlivých vstupních proměnných není v praxi reálné, u skutečných dat se vždy řešitel setká s určitou mírou závislosti, jde pouze o to, aby multikolinearita nebyla příliš výrazná.

Montgomery, Peck a Vining (2012) popisují pět základních důvodů vzniku multikolinearity:

1. Sběr dat, kdy došlo k využití příliš úzkého vzorku pozorování, které nedosáhne nezávislého rozdělení proměnných.
2. Fyzická omezení lineárního modelu či populace.
3. Přeurený statistický model, kdy existuje více proměnných než pozorování.
4. Nevhodná volba modelu či specifikace.
5. Odlehlá pozorování ve směru osy  $x$ , jedná se o specifický typ multikolinearity a je řešitelný standardními přístupy robustní regrese.

Multikolinearita vede i ke zkreslení určení míry vlivu jednotlivých proměnných na výsledný odhad, dále vede k příliš vysoké absolutní hodnotě regresních koeficientů vícenásobné lineární regrese, což způsobuje nestabilitu regresního modelu a vysokou míru nevěrohodnosti jeho odhadu (Dorugade, 2018; Buonaccorsi, 1996).

Regresní přístupy, které jsou sestaveny z důvodu práce s multikolinearitou, fungují na principu tzv. zkrácení odhadu (z angl. shrinkage), dochází ke snížení velikosti odhadu koeficientů (Oleszak, 2019; Xiao, Coots a Ye, 2017). Existence multikolinearity v modelu vede ke zvýšení rozptylu odhadu parametrů lineární regresní  $\hat{\sigma}^2$  funkce vypočtené metodou nejmenších čtverců, protože se jedná o zcela nevyčýlenou metodu. Oleszak (2019) dále uvádí, že vychýlením odhadu dochází k výraznému snížení rozptylu odhadu  $\hat{\sigma}^2$ , za tímto účelem bylo sestaveno několik matematických postupů:

- Best Subset Regression (BSR) – přímý přístup iteračně vyhledávající takový subset nezávisle proměnných, který vede k nejvyšší věrohodnosti na principu porovnávání indexu determinace, dále je zohledňována chyba odhadu zjišťovaná křížovou validací (Hocking a Leslie, 1967).

- Hřebenová regrese – na rozdíl od metody BSR nevytváří subsety nezávisle proměnných, ale pouze penalizuje příliš vysoké odhady proměnných, které vedou k multikolinearitě, tak zajišťuje jejich zachování v modelu a lepší interpretovatelnost (Oleszak, 2019).
- Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (LASSO) – metoda velmi podobná hřebenové regresi, také penalizuje koeficienty vybraných nezávisle proměnných, avšak její postup může vést až ke zkrácení odhadu daného koeficientu na nulu a vyloučení dané proměnné z výsledného modelu (Kukreja, Löfberg a Brenner, 2006). Oleszak (2019) uvádí, že metodu LASSO je vhodné užít místo hřebenové regrese v případě, kdy existuje pouze nízký počet významných parametrů a ostatní nemají praktický dopad na výsledné odhady.
- Metoda hlavních komponent (Partial Least Squares, PLS) – tato metoda pracuje na mírně odlišném principu, před samotným výpočtem regrese zkombinuje lineárně závislé vektory jednotlivých nezávislých proměnných do menšího počtu proměnných, které pak vstupují do modelu (Geladi a Kowalski, 1986).

### *Hřebenová regrese*

Hřebenová regrese, stejně jako regrese robustní, vznikla z důvodu přiblížení teoretického konceptu lineární regrese komplexně provázanému skutečnému světu. Hřebenovou regresi objevil Arthur E. Hoerl. NCSS Statistical Software (2019), Breheny (2011) a Golub, Heath a Wahba (1979) k hřebenové regresi uvádí, že zahrnutím drobného stupně vychýlení odhadu dochází k signifikantnímu snížení náhodných chyb odhadů  $e$ . Hřebenová regrese vychází z lineární regrese ze vzorce (9). Z tohoto odhadu vektoru parametru  $\hat{\beta}$  přejímá matici  $(\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}$  (van Wieringen, 2019). Hoerl a Kennard (1970) uvádí, že v případě ortogonálních vektorů vstupních proměnných  $x_j$  se tato matice blíží jednotkové matici  $\mathbf{I}$ , proto je k prvkům na diagonále matice přičtena kladná konstanta  $h$ , jak je znázorněno ve vzorci (34) dle Xiao, Coots a Ye (2017) a Zváry (2008). Zvára (2008) tento postup označuje jako posilování diagonály matice  $\mathbf{X}^T\mathbf{X}$ .

$$\hat{\beta}_{HR} = (\mathbf{X}^T\mathbf{X} + h\mathbf{I})^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{y} \quad (34)$$

kde:

$\hat{\beta}_{HR}$ ..... odhad vektoru regresních koeficientů s využitím hřebenové regrese o počtu  $p$  složek [-],

$\mathbf{X}$ ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],

$h$ ..... konstanta hřebenové regrese [-],

- I** ..... jednotková matice o rozměru  $(n \times n)$  [-],  
**y** ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot proměnné o počtu  $n$  složek [-].

Principem takové úpravy je penalizace vybraných regresních koeficientů  $\beta_j$ , které vykazují prvky multikolinearity (Oleszak, 2019). Xiao, Coats a Ye (2017) a Breheny (2011) uvádí, že tato penalizace vede v souladu s úpravou vzorce (34) pro výpočet odhadu  $\beta_{HR}$  ke změně minimalizačního kritéria do podoby uvedené ve vzorci (35).

$$\min_{\beta_{HR}} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\beta}_{HR})^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\beta}_{HR}) + h\hat{\beta}_{HR}^T \hat{\beta}_{HR} \quad (35)$$

kde:

- $\hat{\beta}_{HR}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený hřebenovou regresí [-],  
**y** ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot proměnné o počtu  $n$  složek [-],  
**X** ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],  
**h** ..... konstanta hřebenové regrese [-].

Po provedení první parciální derivace roznásobeného minimalizovaného výrazu podle  $\hat{\beta}_{HR}$  lze matematickou úpravou provedenou ve vzorci (36) dojít k odhadu  $\hat{\beta}_{HR}$ , což naznačuje správnost úpravy uvedené ve vzorci (35).

$$\begin{aligned} \min_{\hat{\beta}_{HR}} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\beta}_{HR})^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\beta}_{HR}) + h\hat{\beta}_{HR}^T \hat{\beta}_{HR} = \\ = \min_{\hat{\beta}_{HR}} (\mathbf{y}^T \mathbf{y} - 2\mathbf{y}^T \mathbf{X}\hat{\beta}_{HR} + \hat{\beta}_{HR}^T \mathbf{X}^T \mathbf{X}\hat{\beta}_{HR} + h\hat{\beta}_{HR}^T \hat{\beta}_{HR}) \end{aligned} \quad (36)$$

kde:

- $\hat{\beta}_{HR}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený hřebenovou regresí [-],  
**y** ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot proměnné o počtu  $n$  složek [-],  
**X** ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],  
**h** ..... konstanta hřebenové regrese [-].

Dijkstra (2014) a Breheny (2011) představují výpočet vektoru nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  vzorcem, který je uveden jako výsledek odvození ve vzorci (34). Provedení parciální derivace je sestaveno ve vzorci (37).

$$\frac{\partial \mathbf{y}^T \mathbf{y} - 2\mathbf{y}^T \mathbf{X} \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}} + \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}}^T \mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}} + h \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}}^T \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}}}{\partial \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}}} = 0$$

$$-2\mathbf{X}^T \mathbf{y} + 2\mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}} + 2h \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}} = 0$$

$$2\mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}} + 2h \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}} = 2\mathbf{X}^T \mathbf{y} \quad (37)$$

$$\mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}} + h \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}} = \mathbf{X}^T \mathbf{y}$$

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}} (\mathbf{X}^T \mathbf{X} + h\mathbf{I}) = \mathbf{X}^T \mathbf{y}$$

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X} + h\mathbf{I})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y}$$

kde:

$\mathbf{y}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot proměnné o počtu  $n$  složek [-],

$\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],

$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený hřebenovou regresí [-],

$h$  ..... konstanta hřebenové regrese [-],

$\mathbf{I}$  ..... jednotková matice o rozměru  $(n \times n)$  [-].

Van Wieringen (2019) navazuje, že odhad vektoru  $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}}$  umožňuje sestavit výsledný vektor predikovaných hodnot  $\hat{\mathbf{y}}_{\text{HR}}$ , výpočet je naznačen ve vzorci (38).

$$\hat{\mathbf{y}}_{\text{HR}} = \mathbf{X} \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}} = \mathbf{X} (\mathbf{X}^T \mathbf{X} + h\mathbf{I})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y} = \mathbf{H}_{\text{HR}} \mathbf{y} \quad (38)$$

kde:

$\hat{\mathbf{y}}_{\text{HR}}$  ..... vektor predikovaných hodnot o počtu  $n$  složek zjištěný pomocí nalezené aproximační funkce nalezené hřebenovou regresí [-],

$\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],

$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený hřebenovou regresí [-],

$h$  ..... konstanta hřebenové regrese [-],

$\mathbf{I}$  ..... jednotková matice o rozměru  $(n \times n)$  [-],

$\mathbf{H}_{\text{HR}}$  ..... projekční matice hřebenového regresního modelu o rozměru  $(n \times n)$  [-].

Odhad prostřednictvím hřebenové regrese je oproti původnímu odhadu provedenému standardní lineární regresí zkreslen, jeho zkreslení vyjadřuje vzorec (39). Zkreslení vyjadřuje míru vychýlenosti vektoru  $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}}$  oproti původnímu odhadu vícenásobnou lineární regresí (Oleszak, 2019). Vychýlenost odhadu snižuje jeho index determinace  $R^2$ , ale vede ke stabilizaci odhadu.

$$\eta = -h (\mathbf{X}^T \mathbf{X} + h\mathbf{I})^{-1} \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}} = -h \mathbf{H}_{\text{HR}} \hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}} \quad (39)$$

kde:

- $\eta$  ..... zkreslení (vychýlenost) oproti původnímu odhadu získanému lineární regresí [-],
- $h$  ..... konstanta hřebenové regrese [-],
- $\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],
- $\mathbf{I}$  ..... jednotková matice o rozměru  $(n \times n)$  [-],
- $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený hřebenovou regresí [-],
- $\mathbf{H}_{\text{HR}}$  ..... projekční matice hřebenového regresního modelu o rozměru  $(n \times n)$  [-].

Uvedený vzorec (39) prokazuje, že s rostoucí hodnotou konstanty hřebenové regrese  $h$  roste vychýlenost odhadu, zároveň s tím klesá rozptyl odhadu  $\hat{\sigma}^2$ , jak je prokázáno ve vzorci (40), který představuje Oleszak (2019) a Breheny (2011).

$$\text{var}(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}}) = \hat{\sigma}^2(\mathbf{X}^T\mathbf{X} + h\mathbf{I})^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{X}(\mathbf{X}^T\mathbf{X} + h\mathbf{I})^{-1} = \hat{\sigma}^2\mathbf{H}_{\text{HR}}\mathbf{X}^T\mathbf{X}\mathbf{H}_{\text{HR}} \quad (40)$$

kde:

- $\text{var}(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}})$  ..... rozptyl reziduí pro odhad parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený hřebenovou regresí [-],
- $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\text{HR}}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený hřebenovou regresí [-],
- $\hat{\sigma}^2$  ..... nevychýlený odhad rozptylu reziduí [-],
- $\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],
- $h$  ..... konstanta hřebenové regrese [-],
- $\mathbf{I}$  ..... jednotková matice o rozměru  $(n \times n)$  [-],
- $\mathbf{H}_{\text{HR}}$  ..... projekční matice hřebenového regresního modelu o rozměru  $(n \times n)$  [-].

Hřebenová regrese sice stabilizuje hodnoty regresních odhadů, ale zároveň snižuje shodu původních odhadnutých a napozorovaných hodnot, tedy vede k růstu součtu reziduálních čtverců  $S_R$  a v závislosti na tom ke snížení hodnoty indexu determinace  $R^2$  (Oleszak, 2019). Při volbě odhadu je tedy vždy třeba hledat určitý kompromis mezi stabilitou odhadu parametrů  $\beta_j$  nezávisle proměnných a indexem determinace  $R^2$ . S růstem hodnoty  $h$  dochází k poklesu indexu determinace  $R^2$ , naopak s jejím poklesem roste, toto souvisí s mírou změny vyvolané konstantou  $h$ . Explicitní vyjádření dopadu hodnoty konstanty  $h$  do odhadu parametrů  $\beta$  představuje Breheny (2011) ve vzorci (41).

$$h \rightarrow 0 \Rightarrow \hat{\beta}_{HR} \rightarrow \hat{\beta}_{VLR}$$

$$h \rightarrow \infty \Rightarrow \hat{\beta}_{HR} \rightarrow \mathbf{0}$$
(41)

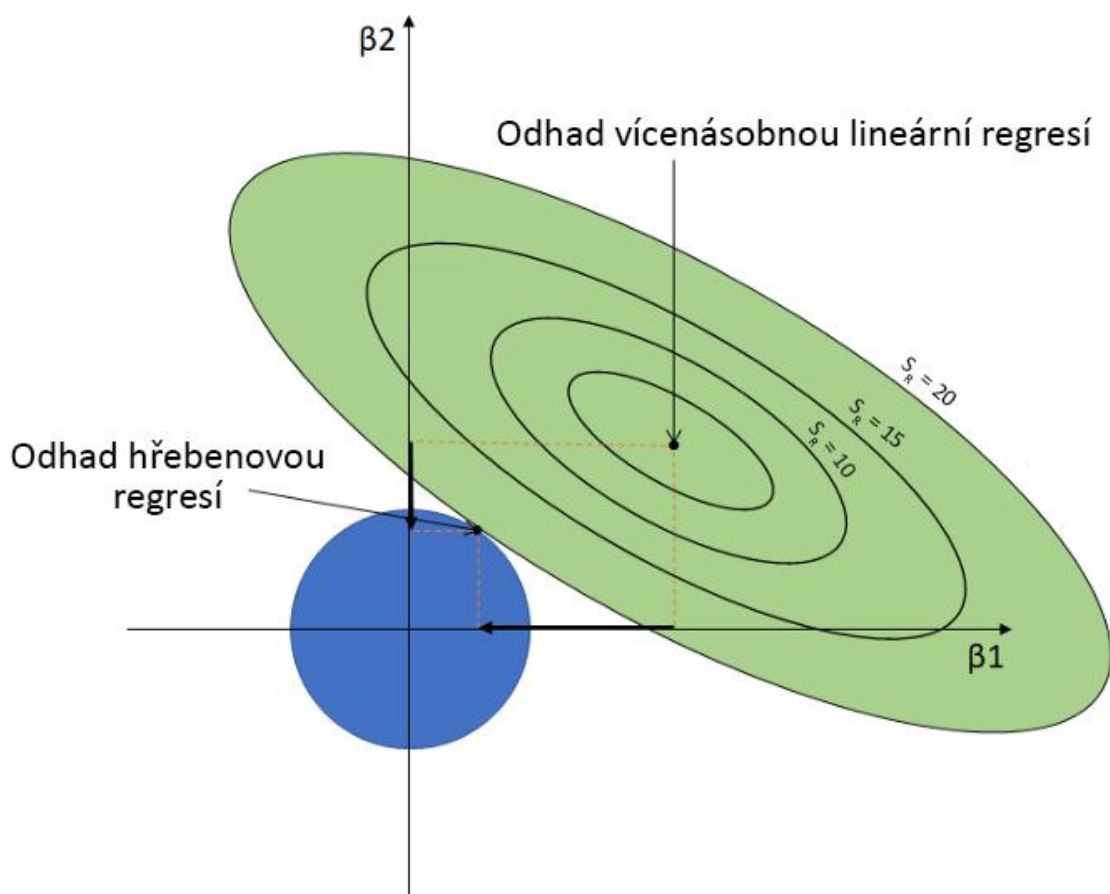
kde:

$h$  ..... konstanta hřebenové regrese [-],

$\hat{\beta}_{HR}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený hřebenovou regresí [-],

$\hat{\beta}_{VLR}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený vícenásobnou lineární regresí s využitím pouze metody nejmenších čtverců [-].

Ze vzorce (41) je patrný i vztah mezi lineární a hřebenovou regresí. Lineární regrese je specifickým případem regrese hřebenové pro  $h = 0$  (El-Dereny a Rashwan, 2011).



**Obrázek 3** Ilustrace posunu odhadu lineární regresní funkce aplikací robustní regrese (Kyoosik, 2019; překlad autor)

Na obrázku Obrázek 3 je naznačen vztah mezi odhady pomocí dvounásobné lineární regresní funkce a hřebenové regrese. Pomocí parametru  $h$  hřebenová regrese zkresluje původní odhady  $\hat{\beta}_1$  a  $\hat{\beta}_2$  tak, že odhad funkce je věcně správnější, tedy blíže průsečíku os (Kyoosik, 2019). Zároveň jsou v obrázku naznačeny jednotlivé úrovně nárůstu

reziduálního součtu čtverců  $S_R$ , s ním logicky klesá i index determinace  $R^2$ , jak je patrné ze vzorce (53).

Zásadním a zároveň nejnáročnějším bodem hřebenové regrese je určení správné hodnoty konstanty  $h$ . Je třeba najít takovou hodnotu  $h$ , pro kterou se systém stabilizuje a dostane charakter ortogonálního systému, ve kterém již nebude škodlivá multikolinearita. Z předchozí teorie jasně plyne, že s rostoucím  $h$  je systém stabilnější, ale zároveň roste rozptyl odhadů  $\hat{\sigma}^2$ , proto je třeba najít takové co nejnížší  $h$ , pro které je systém již stabilní (Xiao, Coats a Ye, 2017).

R Core Team (2018) a Zvára (2008) uvádí, že softwarová řešení tohoto problému obvykle využívají algoritmy zobecněné křížové validace (Generalized Cross-Validation, GCV), HKB (Hoerl, Kennard, Baldwin Estimator) či L-W (Lawless-Wang Estimator).

Xiao, Coats a Ye (2017) uvádí, že algoritmy HKB a L-W hledají odhady hřebenové konstanty  $\hat{h}$  na principu uvedeném ve vzorci (42).

$$\hat{\beta}_{HR} = \hat{\phi} \times \hat{\beta}_{VLR} \quad (42)$$

kde:

- $\hat{\beta}_{HR}$ ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený hřebenovou regresí [-],
- $\hat{\phi}$ ..... odhad konverzní konstanty [-],
- $\hat{\beta}_{VLR}$ ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený vícenásobnou lineární regresí s využitím pouze metody nejmenších čtverců [-].

Oproti nim zobecněná křížová validace hledá minimalizačním kritériem nejnížší přípustnou hodnotu  $\hat{h}$ .

### *Zobecněná křížová validace*

Zobecněná křížová validace vychází z předpokladu, že sestavovatel nemá dostatek dat pro standardní křížovou validaci s využitím testovacího datasetu, a zároveň posuzovaný dataset neobsahuje dostatek pozorování k jeho umělému rozdělení na trénovací a testovací podmnožiny (Breheny, 2011). Zobecněná křížová validace tento problém překonává rozdělením dostupného datasetu na  $\psi$  složek, vypočte nejlepší odhad konstanty  $h$  na  $(\psi - 1)$  složkách a na vynechané složce  $\mu$  testuje věrohodnost odhadu. Proces je opakován stejně s postupným vynecháním každé složky  $\mu$ . Breheny (2011) uvádí, že běžně užívané hodnoty  $\mu$  jsou 5, 10 či  $n$ . Specifický případ, kdy je počet pozorování roven počtu složek,

jak je popsáno ve vzorci (43), bývá označován jako křížová validace s jedním vynecháním (leave-one-out cross-validation).

$$\sum_{1}^{\psi} \mu = n \quad (43)$$

kde:

$\psi$  ..... počet složek, na které byl rozdělen dataset,  $\psi \in \langle 1; n \rangle \wedge \psi \in \mathbb{N} [-]$ ,

$\mu$  ..... identifikátor jednotlivých složek rozdělení datasetu,  $\mu \in \langle 1; \psi \rangle \wedge \mu \in \mathbb{N} [-]$ ,

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N} [-]$ .

V případě křížové validace s jedním vynecháním není třeba přepočítávat celý model, jedná se o analogický problém dopočtu odstraněného rezidua. Breheny (2011) uvádí, že sestavení projekční matice  $\mathbf{H}_{HR}$  je poměrně výpočetně náročné, lze tedy užít zjednodušení, které je uvedeno ve vzorci (44). Hodnota vypočtená v tomto vzorci je označována jako kritérium GCV, které je zároveň odhadem hodnoty  $h$ .

$$GCV_{LOO} = \hat{h} = \frac{1}{n} \times \sum_m^n \frac{e_{HR}^m}{1 - \frac{\text{stopa}(\mathbf{H}_{HR})}{n}} = \frac{1}{n} \times \sum_m^n \frac{e_{HR}^m}{1 - \frac{p}{n}} \quad (44)$$

kde:

$GCV_{LOO}$  ..... kritérium zobecněné křížové validace pro postup s jedním vynechaným pozorováním (leave-one-out) [-],

$\hat{h}$  ..... odhad konstanty hřebenové regrese  $h$  [-],

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N} [-]$ ,

$m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N} [-]$ ,

$e_{HR}^m$  ..... reziduum  $m$ -tého pozorování pro hřebenový regresní model [-],

$\mathbf{H}_{HR}$  ..... projekční matice hřebenového regresního modelu o rozměru  $(n \times n)$  [-],

$p$  ..... počet složek vektoru  $\boldsymbol{\beta}$ , které reprezentují parametr  $\beta_0$  a následuje  $k$  parametrů  $\beta_j$  [-].

Van Wieringen (2019), Dijkstra (2014) a Golub, Heath a Wahba (1979) uvádí standardní minimalizační kritérium pro zobecněnou křížovou validaci ve vzorci (45). Hodnota  $GCV$  je pak rovna takovému  $\hat{h}$ , které výraz minimalizuje.



$$\min_{\hat{h}} \frac{1}{n} \times \frac{\|(\mathbf{I} - \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X} + n \times \hat{h} \mathbf{I})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y})\|^2}{\left[\frac{1}{n} \times \text{stopa}(\mathbf{I} - \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X} + n \times \hat{h} \mathbf{I})^{-1} \mathbf{X}^T)\right]^2} = \quad (45)$$

$$= \min_{\hat{h}} \frac{1}{n} \times \frac{\left[(\mathbf{I} - \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X} + n \times \hat{h} \mathbf{I})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y})^T (\mathbf{I} - \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X} + n \times \hat{h} \mathbf{I})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y})\right]^2}{\left[\frac{1}{n} \times \text{stopa}(\mathbf{I} - \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X} + n \times \hat{h} \mathbf{I})^{-1} \mathbf{X}^T)\right]^2}$$

kde:

$\hat{h}$  ..... odhad konstanty hřebenové regrese  $h$  [-],

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$\mathbf{I}$  ..... jednotková matice o rozměru  $(n \times n)$  [-],

$\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],

$\mathbf{y}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot proměnné o počtu  $n$  složek [-].

### 3.2.4 Testy statistické významnosti

Samotný sestavený statistický model je třeba vhodně prověřit s ohledem na statistickou významnost. Existují dva základní okruhy statistických testů, které je vhodné s ohledem na konstrukci modelu provést. Jde o test modelu jako celku, tedy jeho věrohodnosti, a testy významnosti jednotlivých vstupních parametrů.

#### Testování věrohodnosti modelu

Testování věrohodnosti modelu někdy bývá označováno též jako hodnocení kvality regresního modelu, obecně platí, že čím je závislost výstupní proměnné  $y$  na vstupních proměnných  $x_j$  silnější, tím je šance na věrohodnost modelu vyšší, musí však být splněn ještě druhý požadavek, a sice poloha empiricky zjištěných hodnot vstupních proměnných modelu soustředěná kolem odhadu regresní křivky, tedy vhodně zvolená regresní křivka.

Pro testování věrohodnosti modelu lze užít několik přístupů, pro skutečné zhodnocení modelu je třeba užít kombinaci více z těchto hodnocení, protože každé z hodnocení se zaměřuje na jiné aspekty modelu.

Základním diagnostickým nástrojem pro hodnocení věrohodnosti regresní funkce jsou rezidua  $e^m$ . Nejjednodušším ukazatelem věrohodnosti lineárního regresního modelu je suma jejich druhých mocnin, tedy čtverců, odvození a výpočet **reziduálního součtu čtverců** dle Neubauera (2016a), Tvrdíka (2013), Bremer (2012) a Blatné (2008a) je naznačeno ve vzorci (46). Blatná (2008a) uvádí, že reziduální součet čtverců charakterizuje část variability proměnné  $\mathbf{y}$ , kterou nelze vysvětlit regresní funkcí.

$$S_R = \sum_{m=1}^n e^{m^2} = \sum_{m=1}^n (y^m - \hat{y}^m)^2 = \mathbf{e}^T \mathbf{e} = (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}})^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}}) \quad (46)$$

kde:

- $S_R$ ..... reziduální součet čtverců [-],  
 $m$ ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],  
 $n$ ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],  
 $e^m$ ..... reziduum  $m$ -tého pozorování [-],  
 $y^m$ ..... skutečná empiricky zjištěná hodnota  $m$ -tého pozorování nezávislé proměnné [-],  
 $\hat{y}^m$ ..... predikovaná hodnota pro  $m$ -té pozorování [-],  
 $\mathbf{e}$ ..... reziduální vektor rozdílů mezi skutečnou hodnotou závislé proměnné  $y$  a jejího predikovaného odhadu o počtu  $n$  složek [-],  
 $\mathbf{y}$ ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot závislé proměnné o počtu  $n$  složek [-],  
 $\mathbf{X}$ ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],  
 $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\boldsymbol{\beta}$  o počtu  $p$  složek [-].

Intuitivně lze odvodit, že čím nižší hodnota sumy druhých mocnin reziduí  $e^m$ , tím věrohodnější model je. Jeho užití samo o sobě není směrodatné, je vhodný pro porovnání více lineárních regresních funkcí.

Neubauer (2016a) dále uvádí, že reziduální součet čtverců normovaný konstantou  $(n - k)$  je nevychýleným odhadem **rozptylu**  $\sigma^2$ , jeho nestranný odhad je tedy roven vztahu ve vzorci (47).

$$\hat{\sigma}^2 = s_e^2 = \frac{1}{n - k} \times S_R = \frac{1}{n - k} \times \sum_{m=1}^n (y^m - \hat{y}^m)^2 \quad (47)$$

kde:

- $\hat{\sigma}^2$ ..... nevychýlený odhad rozptylu reziduí [-],  
 $s_e^2$ ..... výběrový rozptyl reziduí [-],  
 $n$ ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],  
 $k$ ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],  
 $S_R$ ..... reziduální součet čtverců [-],  
 $m$ ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],  
 $n$ ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],  
 $y^m$ ..... skutečná empiricky zjištěná hodnota  $m$ -tého pozorování nezávislé proměnné [-],  
 $\hat{y}^m$ ..... predikovaná hodnota pro  $m$ -té pozorování [-].

Od reziduálního součtu čtverců je odvozena také často užívaná hodnota střední kvadratické chyby **MSE (Mean Squared Error)**, dle Willmotta a Matsuury (2005) se jedná o pouhý podíl reziduálního součtu čtverců celkovým počtem pozorování, výpočet je neznáčen ve vzorci (48).

$$MSE = \frac{S_R}{n} \quad (48)$$

kde:

$MSE$  ..... Mean Squared Error (střední čtvercová chyba) [-],

$S_R$  ..... reziduální součet čtverců [-],

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-].

Další především v exportech ze statistického software užívanou hodnotou uváděnou Willmottem a Matsuuro (2005) je střední kvadratická chyba **RMSE (Root Mean Squared Error)**, její odvození je uvedeno ve vzorci (49). Ranganai (2016) uvádí, že u modelů s více pozorování je hodnota  $RMSE$  zároveň odhadem rozptylu  $\sigma^2$ .

$$RMSE = \sqrt{\frac{S_R}{n}} = \sqrt{MSE} \quad (49)$$

kde:

$RMSE$  ..... Root Mean Squared Error [-],

$S_R$  ..... reziduální součet čtverců [-],

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$MSE$  ..... Mean Squared Error (střední čtvercová chyba) [-].

Při úpravě robustní regrese je zřejmé, že pro uvedený vzorec (46) dochází ke zhoršení výsledku z pohledu obecné lineární regresní funkce, neboť robustní regrese hledá nejvhodnější regresní funkci pouze pro  $r$  pozorování a  $(n - r)$  pozorování z výpočtu vylučuje jako odlehlá pozorování. Pro určení hodnoty **upraveného reziduálního součtu čtverců** po aplikaci robustní regrese lze užít vzorec (50).

$$S_R^r = \sum_{\substack{m=1 \\ m \notin U}}^n e^{m^2} = \sum_{\substack{m=1 \\ m \notin U}}^n (y^m - \hat{y}^m)^2 \quad (50)$$

kde:

$S_R^r$  ..... reziduální součet čtverců počítaný pouze pro  $r$  pozorování [-],

$m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],

$U$  ..... množina pozorování vyjmutých z modelu robustní regrese [-],

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$e^m$  ..... reziduum  $m$ -tého pozorování [-],

$y^m$  ..... skutečná empiricky zjištěná hodnota  $m$ -tého pozorování nezávislé proměnné [-],

$\hat{y}^m$  ..... predikovaná hodnota pro  $m$ -té pozorování [-].

Neubauer (2016b) uvádí, že další všeobecně často užívanou charakteristikou věrohodnosti regresního modelu je index determinace. Jeho výpočet je založen na podílu dvou součtů čtverců, jejichž výpočet je analogický výpočtu reziduálnímu součtu čtverců. Prvním z nich je **celkový součet čtverců**, který udává celkovou variabilitu dat (Blatná, 2008a). Jeho výpočet dle Neubauera (2016b), Tvrdíka (2013), Blatné (2008a) a Anděla (2007) je uveden ve vzorci (51).

$$S_C = \sum_{m=1}^n (y^m - \bar{y})^2 = \sum_{m=1}^n y^{m2} - n \times \bar{y}^2 = \sum_{m=1}^n \left( y^m - \frac{\sum_{m=1}^n y^m}{n} \right)^2 =$$

$$= \left( \mathbf{y} - \frac{\sum_{m=1}^n \hat{y}^m}{n} \times \mathbf{I} \right)^T \left( \mathbf{y} - \frac{\sum_{m=1}^n \hat{y}^m}{n} \times \mathbf{I} \right) \quad (51)$$

kde:

$S_C$  ..... celkový součet čtverců [-],

$m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$y^m$  ..... skutečná empiricky zjištěná hodnota  $m$ -tého pozorování nezávislé proměnné [-],

$\bar{y}$  ..... průměrná skutečně empiricky zjištěná hodnota pro všech  $n$  pozorování [-],

$\mathbf{y}$  ..... vektor skutečných empiricky zjištěných hodnot závislé proměnné o počtu  $n$  složek [-],

$\mathbf{I}$  ..... jednotkový vektor o počtu  $p$  složek [-].

Druhou složkou výpočtu indexu determinace je teoretický součet čtverců. Jeho odvození je uvedeno ve vzorci (52) dle Tvrdíka (2013). **Teoretický součet čtverců** slouží ke kvantifikaci té části variability, kterou lze zachytit regresní funkcí (Neubauer, 2016b; Blatná, 2008a).

$$S_T = \sum_{m=1}^n (\hat{y}^m - \bar{\hat{y}})^2 = \sum_{m=1}^n \hat{y}^{m2} - n \times \bar{\hat{y}}^2 = \sum_{m=1}^n \left( \hat{y}^m - \frac{\sum_{m=1}^n \hat{y}^m}{n} \right)^2 =$$

$$= \left( \mathbf{x}\hat{\boldsymbol{\beta}} - \frac{\sum_{m=1}^n \hat{y}^m}{n} \times \mathbf{I} \right)^T \left( \mathbf{x}\hat{\boldsymbol{\beta}} - \frac{\sum_{m=1}^n \hat{y}^m}{n} \times \mathbf{I} \right) \quad (52)$$

kde:

$S_T$  ..... teoretický součet čtverců [-],

- $m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],  
 $n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],  
 $\hat{y}^m$  ..... predikovaná hodnota pro  $m$ -té pozorování [-],  
 $\bar{\hat{y}}$  ..... průměrná predikovaná hodnota pro všech  $n$  pozorování [-],  
 $\mathbf{X}$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$  [-],  
 $\hat{\beta}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$   
o počtu  $p$  složek [-],  
 $\mathbf{I}$  ..... jednotkový vektor o počtu  $p$  složek [-].

Se znalostí dvou uvedených vzorců (51) a (52) lze již uvést výpočet samotného **indexu determinace**, dle Blatné (2008a) též determinální index, který lze vyjádřit jako jejich podíl, jak je uvedeno ve vzorci (53) dle Žáka (2017), Neubauera (2016a), Tvrdíka (2013) a Anděla (2007).

$$R^2 = \frac{S_T}{S_C} = 1 - \frac{S_R}{S_C} \quad (53)$$

kde:

- $R^2$  ..... index determinace [-],  
 $S_T$  ..... teoretický součet čtverců [-],  
 $S_C$  ..... celkový součet čtverců [-],  
 $S_R$  ..... reziduální součet čtverců [-].

Anděl (2007) uvádí, že index determinace je užíván k popisu přesnosti regresního modelu. Index determinace je obvykle udáván v procentech a popisuje, jakou část rozptylu závislé proměnné lze vyjádřit modelem (Litschmannová, 2018; Blatná, 2008a). Hodnota je doporučována blízká jedné, resp. 100 %, čím více se blíží jedné, tím vyšší vypovídací hodnotu má daná regresní funkce (Anděl, 2007). Litschmannová (2018) uvádí, že v praxi se za akceptovatelný model považují hodnoty nad 50 %, velmi dobrý model nad 80 %.

Pro modely vícenásobné lineární regrese s více vstupními proměnnými je doporučováno užít **adjungovaný index determinace**, protože standardní index determinace pro takové funkce s každým dalším  $j$  vzrůstá (Neubauer, 2016a; Bremer, 2012; Blatná, 2008a). Postup pro výpočet adjungovaného indexu determinace je zobrazen ve vzorci (54) dle Žáka (2017), Bremer (2012), Blatné (2008a) a Anděla (2007). Anděl (2007) tento index označuje jako korigovaný index determinace.

$$R_{adj}^2 = 1 - (1 - R^2) \times \frac{n-1}{n-k} = 1 - \left(1 - \frac{S_T}{S_C}\right) \times \frac{n-1}{n-k} \quad (54)$$

kde:

- $R_{adj}^2$  ..... adjungovaný index determinace [-],

- $R^2$  ..... index determinace [-],  
 $n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],  
 $k$  ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],  
 $S_T$  ..... teoretický součet čtverců [-],  
 $S_C$  ..... celkový součet čtverců [-].

Častým kritériem užívaným k verifikaci regresního modelu je **celkový  $F$ -test**, v jeho průběhu se testuje, zda vysvětlovaná proměnná  $y$  je lineární kombinací funkcí vysvětlujících proměnných  $x_j$  (Litschmannová, 2018). Při verifikaci významnosti regresního modelu dojde k porovnání hodnoty testovací statistiky  $F$  s odpovídající hodnotou ve statistické tabulce Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti. Nulová hypotéza zamítající sestavený regresní model je potvrzena, jestliže hodnota testovací statistiky  $F$  je nižší než kritická hodnota ze statistických tabulek Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti.

Pro  $F$ -test jsou stanoveny základní hypotézy dle Bremer (2012) a Blatné (2008a) uvedené ve vzorci (55).

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_A: \neg H_0, \text{ tedy } \exists \beta_j \neq 0$$
(55)

kde:

- $H_0$  ..... nulová hypotéza,  
 $\beta_1$  ..... dílčí regresní parametr nezávislé proměnné  $x_1$  [-],  
 $\beta_2$  ..... dílčí regresní parametr nezávislé proměnné  $x_2$  [-],  
 $\beta_k$  ..... dílčí regresní parametr nezávislé proměnné  $x_k$  [-],  
 $H_A$  ..... alternativní hypotéza,  
 $\beta_j$  ..... dílčí regresní parametr nezávislé proměnné  $x_j$  [-].

Neubauer (2016b) uvádí, že pro určení kritické hodnoty z tabulek je třeba vypočítat stupeň volnosti tohoto rozdělení pravděpodobnosti. První stupeň volnosti  $v_1^F$  je vypočten dle vzorce (56) dle Blatné (2008a).

$$v_1^F = k - 1$$
(56)

kde:

- $v_1^F$  ..... první stupeň volnosti Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti [-],  
 $k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-].

Druhý stupeň volnosti  $v_2^F$  je odvozen dle vzorce (57) (Neubauer, 2016b; Blatná, 2008a).

$$v_2^F = n - k$$
(57)

kde:

$v_2^F$  ..... druhý stupeň volnosti Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti [-],

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-].

Řešitel musí rozhodnout o požadované hladině spolehlivosti  $w$  daného testu v procentech, ta je následně zohledněna v odvození kvantilu Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti, jak je naznačeno ve vzorci (58).

$$\alpha^F = 1 - \frac{w}{100} \quad (58)$$

kde:

$\alpha^F$  ..... kvantil Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti [-],

$w$  ..... požadovaná hladina spolehlivosti [%].

Před porovnáním hodnot jsou stanoveny kritické obory testovací statistiky  $W^F$ , pro  $F$ -test má kritický obor rozsah naznačený ve vzorci (59) dle Žáka (2017) a Blatné (2008a).

$$W^F = \langle F_{1-\alpha^F}(v_1^F, v_2^F); \infty \rangle \quad (59)$$

kde:

$W^F$  ..... kritický obor hodnot testovací statistiky  $F$ -testu [-],

$F_{1-\alpha}(v_1^F, v_2^F)$  ..... hodnota odečtená ze statistických tabulek Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti pro hladinu spolehlivosti  $(1 - \alpha^F)$  a  $v_1^F, v_2^F$  stupňů volnosti [-].

Bremer (2012) uvádí, že testovací statistika  $F$  je vypočtena s využitím celkového a reziduálního součtu čtverců vypočtených dříve v tomto pododdílu. Rovnice pro výpočet testovací statistiky je představena ve vzorci (60) (Litschmannová, 2018; Žák, 2017; Neubauer, 2016a; Bremer, 2012; Blatná, 2008a).

$$F = \frac{\frac{S_T}{k-1}}{\frac{S_R}{n-k}} = \frac{\frac{\sum_{m=1}^n (\hat{y}^m - \bar{\hat{y}})^2}{k-1}}{\frac{\sum_{m=1}^n (y^m - \hat{y}^m)^2}{n-k}} \quad (60)$$

kde:

$F$  ..... testovací statistika  $F$ -testu [-],

$S_T$  ..... teoretický součet čtverců [-],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$S_R$  ..... reziduální součet čtverců [-],

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

- $m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],  
 $\hat{y}^m$  ..... predikovaná hodnota pro  $m$ -té pozorování [-],  
 $\bar{\hat{y}}$  ..... průměrná predikovaná hodnota pro všech  $n$  pozorování [-],  
 $y^m$  ..... skutečná empiricky zjištěná hodnota  $m$ -tého pozorování nezávislé proměnné [-].

Po vypočtení testovací statistiky  $F$  lze přistoupit k testování, proces testování je popsán ve vzorci (61).

$$\begin{aligned}
 F \in W^F &\Rightarrow \text{platí } H_A \Rightarrow \text{model je věrohodný} \\
 F \notin W^F &\Rightarrow \text{platí } H_0 \Rightarrow \text{model není věrohodný}
 \end{aligned}
 \tag{61}$$

kde:

- $F$  ..... testovací statistika  $F$ -testu [-],  
 $W^F$  ..... kritický obor hodnot testovací statistiky  $F$ -testu [-],  
 $H_A$  ..... alternativní hypotéza,  
 $H_0$  ..... nulová hypotéza.

#### *Testování významnosti jednotlivých parametrů*

Fišerová (2015) uvádí, že k testování významnosti jednotlivých parametrů  $\beta_j$  jsou užívány  $t$ -testy. Tato statistika je založena na porovnávání naměřených studentizovaných hodnot s jim odpovídajícími hodnotami Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti s daným stupněm volnosti ze statistických tabulek.  $t$ -testy lze užít pro hodnocení významnosti různých posuzovaných hodnot ve vztahu k celému souboru, typické užití je při hodnocení významnosti jednotlivých vstupních proměnných modelu  $x_j$ , či pro hodnocení významnosti reziduí  $e$ .

Postup testování je obdobný uvedenému celkovému  $F$ -testu. Opět jsou sestaveny hypotézy, kde nulová hypotéza  $H_0$  zamítá významnost posuzovaného parametru, zatímco alternativní hypotéza  $H_A$  jej za významný považuje (Bremer, 2012). Hypotézy  $t$ -testu pro parametr  $\beta_j$  jsou definovány ve vzorci (62) dle Fišerové (2015).

$$\begin{aligned}
 H_0: \beta_j &= 0 \\
 H_A: \beta_j &\neq 0
 \end{aligned}
 \tag{62}$$

kde:

- $H_0$  ..... nulová hypotéza,  
 $\beta_j$  ..... dílčí regresní parametr nezávislé proměnné  $x_j$  [-],  
 $H_A$  ..... alternativní hypotéza.



Prvním krokem  $t$ -testování je vypočtení stupňů volnosti  $v_t^\beta$  Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti. Výpočet stupňů volnosti je uveden ve vzorci (63) (Neubauer, 2016a, 2016b).

$$v_t^\beta = n - k \quad (63)$$

kde:

$v_t^\beta$  ..... počet stupňů volnosti Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro test významnosti parametru  $\beta$  [-],

$n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-].

Pro nalezení potřebné hodnoty ve statistických tabulkách Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti je třeba kromě stupňů volnosti  $v_t^\beta$  definovat také hladinu spolehlivosti  $w$ , na níž bude testování prováděno, ta se do testovacího kritéria promítá pomocí kvantilu  $\alpha_t^\beta$ , jak je popsáno ve vzorci (64).

$$\alpha_t^\beta = 1 - \frac{w}{100} \quad (64)$$

kde:

$\alpha_t^\beta$  ..... kvantil Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro test významnosti parametru  $\beta$  [-],

$w$  ..... požadovaná hladina spolehlivosti [%].

Po odvození stupňů volnosti  $v_t^\beta$  a kvantilu  $\alpha_t^\beta$  je možné zjistit ze statistických tabulek Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti krajní hodnotu kritického oboru  $W_t^\beta$ , ten lze následně vymežit způsobem zachyceným ve vzorci (65).

$$W_t^\beta = \left( t_{1-\frac{\alpha_t^\beta}{2}}(v_t^\beta); \infty \right) \quad (65)$$

kde:

$W_t^\beta$  ..... kritický obor hodnot testovacích statistik parametrů  $\beta_j$  analyzovaného lineárního regresního modelu [-],

$t_{1-\frac{\alpha_t^\beta}{2}}(v_t^\beta)$  ..... hodnota odečtená ze statistických tabulek Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro hladinu spolehlivosti  $\left(1 - \frac{\alpha_t^\beta}{2}\right)$  a  $v_t^\beta$  stupňů volnosti [-].

Pro samotné testování je třeba sestavit testovací statistiku  $t$ -testu pro odhad parametru  $\beta_j$ , dle Neubauera (2016a), Bremer (2012) a Blatné (2008a) se jedná o tento odhad lomený svou standardní chybou  $s(\hat{\beta}_j)$ , jak uvádí vzorec (66).

$$t_{\hat{\beta}_j} = \frac{\hat{\beta}_j}{s(\hat{\beta}_j)} = \frac{\hat{\beta}_j}{\sqrt{s_e^2 \times \delta_{jj}}} \quad (66)$$

kde:

- $t_{\hat{\beta}_j}$  ..... testovací statistika  $t$ -testu pro odhad parametru  $\beta_j$  [-],
- $\hat{\beta}_j$  ..... odhad dílčího regresního parametru nezávislé proměnné  $x_j$  [-],
- $s(\hat{\beta}_j)$  ..... standardní chyba odhadu regresního parametru  $\hat{\beta}_j$  [-],
- $s_e^2$  ..... výběrový rozptyl reziduí [-],
- $\delta_{jj}$  ..... prvek na diagonále matice  $\mathbf{X}^T\mathbf{X}^{-1}$ , který se nachází na  $j$ -tém řádku a v  $j$ -tém sloupci [-].

Testování hodnot testovací statistiky  $j$ -tého parametru  $\beta_j$  dle Blatné (2008a) naznačuje vzorec (67).

$$\begin{aligned} |t_{\hat{\beta}_j}| \in W_t^\beta &\Rightarrow \text{platí } H_A \Rightarrow \hat{\beta}_j \text{ je významný} \\ |t_{\hat{\beta}_j}| \notin W_t^\beta &\Rightarrow \text{platí } H_0 \Rightarrow \hat{\beta}_j \text{ není významný} \end{aligned} \quad (67)$$

kde:

- $t_{\hat{\beta}_j}$  ..... testovací statistika  $t$ -testu pro odhad parametru  $\beta_j$  [-],
- $W_t^\beta$  ..... kritický obor hodnot testovacích statistik parametrů  $\beta_j$  analyzovaného lineárního regresního modelu [-],
- $H_A$  ..... alternativní hypotéza,
- $\hat{\beta}_j$  ..... odhad dílčího regresního parametru nezávislé proměnné  $x_j$  [-],
- $H_0$  ..... nulová hypotéza.

Jestliže se na základě testování významnosti parametru  $j$ -té nezávislé proměnné  $x_j$  neprokáže jeho významnost, je poté  $j$ -tá nezávislá proměnná  $x_j$  vyřazena z regresního modelu.

### 3.3 Předpokládané využití metod zpracování

Metoda literární rešerše byla uplatněna v kapitole 1, kdy s jejím využitím byla provedena podrobná analýza současného stavu poznání v oblasti řešené problematiky. Obecné explanační metody představené v oddílu 3.1 jsou užity v průběhu celého zpracování této disertační práce, jedná se o základ vědecko-výzkumné práce. Metody prognostické budou využity v rámci kapitoly 4, kde autor představuje vlastní řešení. Aplikace prognostických

metod bude popsána detailně v pododdílu 4.2.4, kde bude sestavován regresní matematicko-statistický model založený právě na vhodné kombinaci těchto metod.

## 4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

Tato kapitola prezentuje vlastní přínos autora problematice. Cílem kapitoly je sestavení metodiky hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách regionu s využitím matematicko-statistického modelu k odvození predikovaného počtu spojů veřejné hromadné dopravy. Sestavený model bude kvantifikovat míru vlivu jednotlivých faktorů determinujících dopravní obslužnost na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy, které dané sídelní jednotky obsluhují za definovanou časovou jednotku.

Před představením autorem sestavené metodiky hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách regionu kapitola zahrnuje oddíl 4.1 zaměřený na faktory determinující rozsah dopravní obslužnosti, které vymezují základní rámec vstupů sestavovaného modelu. Na sestavení metodiky hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách regionu (oddíl 4.2) navazuje aplikace metodiky a s jejím využitím sestaveného modelu na zvolený region v oddílu 4.3.

### 4.1 Vstupy modelu

Model kvantifikuje vliv jednotlivých faktorů, které byly na základě provedené literární rešerše identifikovány jako faktory ovlivňující dopravní obslužnost. Tyto faktory jsou detailně představeny v oddílu 1.7 této práce. Vzhledem k jisté míře vzájemné provázanosti faktorů popisujících skutečný stav je určitá míra multikolinearity přirozená a vzhledem k charakteru vstupujících vysvětlujících proměnných také nevyhnutelná, proto je model upraven hřebenovou regresí.

Primárním problémem u uvedených faktorů ve vztahu k modelu je dostupnost relevantních údajů, kterými lze tyto faktory popsat a vyjádřit, a jejich případná kvantifikace. Kvantifikované popisné údaje definující charakteristiky sledovaných faktorů jsou zásadními vstupy modelu. Podle dostupnosti těchto kvantifikovaných charakteristik lze faktory rozdělit do několika skupin vstupů modelu:

1. Přímo kvantifikované vstupy (pododdíl 4.1.1).
2. Vstupy odvozené z mapových podkladů (pododdíl 4.1.2).
3. Faktory v modelu nepostihnutelné (pododdíl 4.1.3).

Dalším problémem, který s dostupností úzce souvisí, je aktuálnost vstupních dat modelu.

#### **4.1.1 Přímo kvantifikované vstupy**

Hodnoty demografických faktorů, které jsou dostupné již přímo v kvantifikované podobě, jsou dostupné u Českého statistického úřadu ve Statistickém lexikonu obcí v členění dle jednotlivých územních jednotek a lze je přímo převzít jako vstupy do modelu (ČSÚ, 2013a).

Základním vstupem je **počet obyvatel** dané sídelní jednotky. **Strukturu obyvatelstva** lze vhodně vyjádřit třemi charakteristikami, podílem žen a podílem ekonomicky aktivního obyvatelstva na celkovém počtu obyvatel dané sídelní jednotky a mírou nezaměstnanosti v dané jednotce. Případné rozšíření o věkové charakteristiky se obsahově výrazně překrývá s podílem ekonomicky aktivního obyvatelstva.

**Zaměstnanostní charakteristiky** lze vyjádřit proměnnými udávajícími počet zaměstnavatelů stratifikovaný dle pásem dle evidenčního počtu zaměstnanců. Stratifikace je možná například v členění na drobné, malé, střední a velké podniky. Dle CzechInvestu (2014) se jedná o drobný podnik do 9 zaměstnanců, malý podnik do 49 zaměstnanců a střední podnik do 249 zaměstnanců, nad 250 zaměstnanců se jedná o velký podnik. Členění však závisí na velikosti posuzovaného regionu a dostupnosti dat.

Mezi přímo kvantifikované vstupy lze zařadit i informace o **rozložení škol a školských zařízení**, informace o poloze všech akreditovaných edukačních institucí jsou poskytovány Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy, lze využít Rejstřík škol a školských zařízení (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR, 2018a), jako vhodná se opět jeví stratifikace škol a školských zařízení dle stupně vzdělání. Vysoké školy do modelu je vhodné zahrnovat pouze v případě, že se jedná o analýzu na úrovni přesahující území kraje, jejich přehled lze nalézt v Registru vysokých škol a uskutečňovaných studijních programů (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR, 2018b).

#### **4.1.2 Vstupy odvozené z mapových podkladů**

Prvním faktorem, který je třeba aproximovat vhodnou hodnotou z mapových podkladů, je **hustota a charakter osídlení**. V českých podmínkách nejsou běžně dostupné hodnoty hustoty osídlení pro blízká okolí zvolených sídelních jednotek. Z popisu faktoru v pododdílu 1.7.1 vyplývají dva charakteristické vlivy, je to vyšší hustota osídlení, která vede k vyššímu rozsahu dopravní obslužnosti, ale zároveň se takto projevuje především v situaci, kdy jsou v blízkosti jiná větší sídla. Oproti tomu i poměrně husté osídlení bez výraznějších center, typicky vzdálenější příměstská zástavba splňující charakteristiky urban sprawlu, může naopak vést k nižšímu rozsahu dopravní obslužnosti, stejně tak roztroušená venkovská zástavba bez jasného mikroregionálního centra. Pokud

by informace o hustotě osídlení v blízkém okolí sídelní jednotky byly k dispozici, je vhodné užít je přímo jako vstup do modelu, nicméně standardně dostupné nejsou a je třeba najít vhodné alternativní ukazatele, kterými lze informaci o hustotě osídlení s určitou mírou přesnosti aproximovat. Pro potřeby modelu autor považuje za dostatečně vypovídající zařazení proměnné, která udává počet jednotek s počtem obyvatel překračujícím určenou hodnotu ne vzdálenějších, než je definovaná limitní vzdálenost, v případě hustěji osídleného regionu je vhodná stratifikace dle velikosti jednotek vyjádřené počtem obyvatel. Konkrétní hodnoty jsou proměnné a je třeba provést statistické testování více vhodných kombinací s vyhodnocením statistické významnosti jednotlivých kombinací.

Obdobným způsobem lze vyjádřit **polohu sídla ve vztahu k ostatním sídlům**, především k centru regionu, kdy blízkost regionálního centra výrazně dopravní obslužnost ovlivňuje, tento faktor je postihnut vzdáleností sledované sídelní jednotky od regionálního centra. V případě regionů s významnějším sekundárním regionálním centrem lze zvážit i proměnnou indikující vzdálenost do obou center udanou jejich součtem. Specifickým případem jsou sídelní jednotky, které jsou administrativně součástí regionálního centra, ale nejsou součástí jeho souvislé zástavby, takové sídelní jednotky mohou přesto získávat určité výhody z administrativního zahrnutí do regionálního centra, typickým příkladem je zajištění vybraných spojů MHD.

Polohu sídla v blízkosti **hranice územních samosprávních celků**, či v **blízkosti státní hranice** lze popsat umělou proměnnou indikující polohu sledované sídelní jednotky ve vzdálenosti menší než definované od takové hranice.

Dalším faktorem, který lze ale aproximovat hodnotami z mapových podkladů pouze ve velmi omezené míře, jsou **možnosti a zvyklosti využívání volného času**. Samotné preference volnočasových aktivit v modelu postihnout nelze, nicméně jde zahrnout vybrané body či zóny, kde existuje předpoklad zvýšené intenzity těchto aktivit, lze takto umělými proměnnými postihnout existenci významné kulturní památky či kulturně-spoločenského zařízení. Obdobně pak přírodní památky či polohu sídelní jednotky na území plošného chráněného území.

**Geografie a geomorfologie reliéfu** regionu je jasně patrná z mapových podkladů. V literární rešerši odkazovaní autoři uvádí, že geomorfologie reliéfu zásadním způsobem utváří především prostorové parametry vhodné pro trasování dopravní infrastruktury, tedy tyto faktory jsou do modelu promítnuty nepřímou přes polohu sídelní jednotky ve vztahu k dopravní infrastruktuře. Stejným způsobem se projevují **antropogenní vlivy v krajině**

a **velikost a poloha území**, které jsou promítnuty do modelu nepřímo přes proměnné spojené s polohou sídelní jednotky ve vztahu k dopravní infrastruktuře a přes charakter osídlení.

Poloha sídelní jednotky ve vztahu k existující **dopravní infrastruktuře** je dle mnoha autorů zásadní, v podmínkách regionální dopravy České republiky jsou zásadními dopravními módy silniční a železniční doprava, jedná se tedy primárně o polohu sídla ve vztahu k silniční a železniční síti. Ve vztahu k silniční síti je vhodné sledovat skutečné vytížení dané pozemní komunikace, které může dávat přesnější informace než jejich kategorizaci na třídy, do modelu lze zanést proměnnou, která indikuje polohu sídelní jednotky na pozemní komunikaci s intenzitou provozu vyšší, než je definovaná úroveň, případně lze dané úrovně stratifikovat v závislosti na velikosti posuzovaného regionu a rozdílnosti intenzit využití pozemních komunikací. Specifický vliv má poloha sídelní jednotky u křižovatky významných pozemních komunikací, jejichž významnost lze opět definovat intenzitou provozu vyšší než definovaný limit. Informace o intenzitách provozu na pozemních komunikacích lze získat z výstupů Celostátních sčítání dopravy na dálniční a silniční síti ČR pravidelně organizovaných Ředitelstvím silnic a dálnic ČR (Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2016).

V případě železniční dopravy je vhodné zařadit proměnnou sledující **přístup dané sídelní jednotky k železnici**, tedy zda se na území sídelní jednotky nachází pravidelně obsluhovaná železniční zastávka či stanice pro vlaky osobní dopravy. Dále je vhodné, stejně jako u silniční dopravy, sledovat významné intersekce dopravní sítě.

Přímo z mapy je vhodné odečíst **topografické charakteristiky**, především vyšší nadmořská výška je uváděna jako jeden z faktorů, který rozsah dopravní obslužnosti negativně ovlivňuje. Do modelu je tedy zařazena umělá proměnná indikující nadmořskou výšku sídelní jednotky vyšší než definovaný limit.

#### **4.1.3 Faktory v modelu nepostihnutelné**

Přestože existuje konsensus na některých faktorech, které skutečně rozsah veřejné hromadné dopravy ovlivňují, neexistuje žádná dostupná metoda jejich kvantifikace, jedná se o faktory spojené s osobnostními volbami a zvyky, sem lze zařadit **vztah obyvatel k individuální dopravě** a **afinitu obyvatel k veřejné dopravě**. Tyto faktory však ovlivňují veřejnou dopravu v celém regionu plošně, nikoliv pouze na území jedné sídelní jednotky, byť tento stav nelze vyloučit.

Do stejné kategorie pak lze většinou zařadit také možnosti a zvyklosti využívání volného času. Samotné preference volnočasových aktivit jsou numericky prakticky

nepostihnutelné, lze vymezit pouze rozmístění zájmových bodů a zón, jak je uvedeno v pododdílu 4.1.2.

Specifickou pozici zaujímá **míra motorizace**, která je obecně chápána jako důsledek rozsahu veřejné hromadné dopravy, nikoliv jako jedna z jeho příčin, s mírou motorizace úzce souvisí i příjem obyvatel, kdy autoři uvádějící příjem obyvatel obecně uvádí, že se jedná o determinant pořízení osobního automobilu. Informace o **průměrném příjmu obyvatel** v členění na jednotlivé sídelní jednotky není dostupná a je otázkou, zda je vůbec danou informaci možno získat. V případě jejího získání by ovšem bylo vhodné ji do modelu zahrnout a statisticky vyhodnotit její významnost.

Do modelu nejsou zahrnovány ani vstupy reflektující **organizační a legislativní faktory** představené v pododdílu 1.7.4 na straně 51. Jak je uvedeno už v odkazovaném pododdílu, jedná se o faktory univerzálně platné na rozsáhlejších územích.

#### **4.1.4 Shrnutí vstupů modelu**

Tento pododdíl obsahuje krátké shrnutí všech vstupů, které reflektují faktory, které byly identifikovány v rešeršní části práce jako determinující rozsah dopravní obslužnosti. Přehled všech vstupů modelu uvádí tabulka Tabulka 2, tabulka je sestavena v maximálním rozsahu plynoucím z rešerše odborné literatury. Při každém sestavování modelu je třeba zvážit, které faktory, respektive je reflektující vstupy jsou významné ve vztahu k charakteristikám regionu, který je posuzován. U dalších vstupů pak může být problematické či až nemožné získat relevantní data v dostatečně podrobném členění na jednotlivé sídelní jednotky.

Na základě identifikátoru  $j$  přiřazeného jednotlivým vstupům v tabulce Tabulka 2 jsou následně vektory vstupů modelu odpovídající zvolenému  $j$  označovány  $\mathbf{x}_j$ . Pokud by do modelu byly zahrnuty všechny v tabulce uvedené vstupy, pak by celkový počet vstupních proměnných modelu  $k$  byl roven 25.

Pro vstupy 5 až 8 reflektující zaměstnanostní charakteristiky regionu je naznačená stratifikace relativně podrobná, pro praktické účely bude postačovat vynechání či sloučení některých stratifikačních pásem z modelu.

U vstupů 12 a 13 jde o stratifikaci velikosti sídel, jejichž vzdálenost je od sídelní jednotky posuzována. Tyto vstupy by bylo vhodnější nahradit skutečnou hustotou osídlení v blízkém okolí posuzované sídelní jednotky, avšak taková data nejsou standardně dostupná.

V případě pochybností u vstupu 14, zda se jedná o standardní monocentrický region, či region bicentrický, případně polycentrický, lze opět připravit sady vstupů pro všechny



posuzované varianty, testovat model proměnlivě se všemi variantami a do výsledné podoby modelu zařadit tu sadu vstupů, která vedla k nejvyšší dosažené hodnotě věrohodnosti sestavovaného modelu.

**Tabulka 2** Přehled všech potenciálních proměnných vstupů matematicko-statistického vstupu

Identifikátor vstupu $j$	Název a popis faktoru (vždy vztaženo k posuzované sídelní jednotce)	Umělá proměnná
1	Počet obyvatel	ne
2	Podíl žen na počtu obyvatel	ne
3	Podíl ekonomicky aktivního obyvatelstva na počtu obyvatel	ne
4	Míra nezaměstnanosti	ne
5	Počet drobných podniků	ne
6	Počet malých podniků	ne
7	Počet středních podniků	ne
8	Počet velkých podniků	ne
9	Počet základních škol	ne
10	Počet středních škol	ne
11	Počet vysokých či vyšších odborných škol	ne
12	Počet jednotek s počtem obyvatel z intervalu $\langle A; B \rangle$ vzdálených ne více, než je definovaná limitní vzdálenost $D$	ne
13	Počet jednotek s počtem obyvatel z intervalu $\langle B; \infty \rangle$ vzdálených ne více, než je definovaná limitní vzdálenost $D$	ne
14	Vzdálenost do centra regionu, v případě bicentrických regionů lze užít součet vzdáleností do obou center	ne
15	Administrativní součást regionálního centra	ano
16	Hranice vyšších územních samosprávních celků ve vzdálenosti menší než je definovaná limitní vzdálenost $E$	ano
17	Státní hranice ve vzdálenosti menší než je definovaná limitní vzdálenost $G$	ano
18	Existence významné kulturní památky či kulturně-společenského zařízení	ano
19	Existence významné přírodní památky či poloha na plošném chráněném území	ano
20	Poloha na pozemní komunikaci s intenzitou provozu v intervalu $\langle J; K \rangle$	ano
21	Poloha na pozemní komunikaci s intenzitou provozu v intervalu $\langle K; \infty \rangle$	ano
22	Poloha u křižovatky významných pozemních komunikací, které obě přesahují limitní intenzitu provozu $L$ , nebo u styčné, uzlové, odbočné či křižovatkové železniční stanice drah s pravidelnou osobní železniční dopravou	ano
23	Existence železniční stanice či zastávky na trati s pravidelnou osobní železniční dopravou	ano
24	Nadmořská výška vyšší než definovaný limit $M$	ano
25	Specifický vstup plynoucí z kritického zhodnocení sestaveného modelu	ano/ne

Zdroj: autor

Po sestavení modelu pro daný region obvykle dojde k expertnímu kritickému zhodnocení řešitelem na základě jeho znalostí a zkušeností. Z posouzení odchylek predikovaných hodnot od hodnot referenčních pro jednotlivé sídelní jednotky může plynout identifikace takové společné charakteristiky sídelních jednotek, ve kterých odhad vykazuje vyšší míru odchylnosti od referenční hodnoty, kterou bude možné doplnit jako nový specifický vstup do modelu, který byl v původním sestavení zanedbán, z tohoto důvodu je uveden v tabulce Tabulka 2 vstup 25, který reflektuje danou eventualitu.

U vybraných vstupů je třeba rozhodnout o konkrétních limitních hodnotách  $\zeta$ . V daných případech je třeba vždy jednotlivé varianty otestovat sestavením více kombinací a hledáním té, která přispívá k nejvyšší věrohodnosti výsledného modelu. Testování v modelu probíhá sestavením variant modelu pro jednotlivé posuzované varianty *ceteris paribus*. Přehled těchto limitních hodnot je sestaven v tabulce Tabulka 3.

**Tabulka 3** Přehled limitních hodnot jednotlivých vstupů matematicko-statistického modelu

Limitní hodnota $\zeta^2$	Identifikátor $j$	Popis hodnoty	Jednotka
<i>A</i>	12	Velikost sídla v max. limitní vzdálenosti	Počet obyvatel
<i>B</i>	12, 13	Velikost sídla v max. limitní vzdálenosti	Počet obyvatel
<i>D</i>	12, 13	Vzdálenost sídla max. limitní velikosti	Počet kilometrů
<i>E</i>	16	Vzdálenost k hranici vyšších územních samosprávních celků	Počet kilometrů
<i>G</i>	17	Vzdálenost ke státní hranici	Počet kilometrů
<i>J</i>	20	Intenzita provozu na pozemních komunikacích	Počet vozidel za časovou jednotku
<i>K</i>	20, 21	Intenzita provozu na pozemních komunikacích	Počet vozidel za časovou jednotku
<i>L</i>	22	Intenzita provozu na pozemních komunikacích	Počet vozidel za časovou jednotku
<i>M</i>	24	Nadmořská výška	Počet metrů nad mořem

Zdroj: autor

U proměnných  $x_j$ , které závisí na vzdálenosti a počtu obyvatel, je vhodné tyto limity stanovovat vždy s ohledem na celkovou rozlohu regionu a velikost jeho sídel. Při posuzování regionů na úrovni okresů lze uvažovat se vzdáleností do 5 km, jedná se o stále relativně malou vzdálenost ve vztahu k celkové rozloze okresu. U definované velikosti jednotek lze na úrovni okresu postupovat po celočíselných násobcích tisíce. Pro limitní hodnoty  $\zeta$

<sup>2</sup> Při písmenném označování limitních hodnot dle abecedního pořadí byla z důvodu zabránění nechtěné záměny s proměnnými a operátory užitými v této disertační práci vynechána písmena C, F, H a I. Písmeno C značí operaci kombinace. Písmeno *F* je užitá pro testovací statistiku Fisherova-Snedecorova *F* rozdělení pravděpodobnosti, symbol **H** pro projekční matici regresní funkce, symbol **I** je užíván pro jednotkovou matici.

je následně možné provést testování statistické významnosti pro více variant. U pásem intenzit provozu na pozemních komunikacích lze užit jako určité vodítko strukturu stratifikace výsledků užívanou ve výstupech sčítání provozu organizovaných Ředitelstvím silnic a dálnic ČR. U nadmořské výšky by mělo s ohledem na topografické charakteristiky regionu dojít k jasnému vymezení sídelních jednotek, které se nacházejí v horských oblastech s proměnlivou geomorfologií oproti sídelním jednotkám na území nížin, pánví či tabulí.

## **4.2 Metodika hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti**

V tomto oddílu je detailně popsána sestavovaná metodika hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách regionu s využitím matematicko-statistického modelu k odvození predikovaného počtu spojů veřejné hromadné dopravy. Při sestavování metodiky jsou využívány zvolené vědecko-výzkumné metody představené v kapitole 3 této práce. Vstupy modelu jsou odvozeny z teoretické rešerše sestavené v kapitole 1 této práce, jejich transformace na vstupy modelu je popsána v oddílu 4.1.

V následujících pododdílech je v jednotlivých postupných krocích představena metodika hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti včetně jeho závěrečného zhodnocení.

### **4.2.1 Inicializace – rozhodnutí o sestavení modelu**

Prvotním impulsem je samotné rozhodnutí o sestavení modelu. Důvodů pro rozhodnutí o sestavení daného modelu může být více, s ohledem na účel modelu lze obecně vymežit dvě zásadní problémové oblasti, které mohou být důvodem sestavení:

1. Zhodnocení referenčního stavu dopravní obslužnosti, tímto stavem může být nejčastěji současný realizovaný rozsah dopravní obslužnosti, nebo analyzovaný alternativní rozsah dopravní obslužnosti, typicky při zvažovaných optimalizacích veřejné hromadné dopravy, často spojených se zahrnutím dané oblasti do IDS.
2. Teoretický pohled na problematiku jako součást vědecko-výzkumného záměru ve snaze o bližší pochopení dané problematiky.

Zároveň s rozhodnutím o sestavení modelu je třeba jasně vymežit oblast, pro kterou bude model sestavován. Vzhledem ke komplexnosti modelu je vhodné jej sestavovat pro oblast obsahující více sídelních jednotek. Nelze přesně určit hranici, od které je model dostatečně vypovídající, nicméně mělo by se jednat alespoň o desítky jednotek, jinak bude udávaná míra vlivu jednotlivých proměnných zkreslená, stejně tak bude model náchylnější na zkreslení hodnot odlehlými pozorováními.

#### **4.2.2 Vymezení sídelních jednotek a přiřazení zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy**

Ve druhém kroku metodiky hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti jsou pro definovaný region, jehož dopravní obslužnost je posuzována, vymezeny jeho sídelní jednotky  $m$ , v návaznosti na to je vymezeno jejich území a následně jsou jim přiřazeny stanice a zastávky veřejné hromadné dopravy s respektem ke skutečnému významu těchto stanic a zastávek ve vztahu k jednotlivým posuzovaným sídelním jednotkám  $m$ .

##### *Vymezení sídelních jednotek a jejich území*

Primárním vstupem přímo navazujícím na vymezení oblasti, pro kterou bude model sestavován, je sestavení struktury sídelních jednotek  $m$  na daném území. Model v představené podobě umožňuje pracovat s libovolnou mírou fragmentace sídelních jednotek  $m$ , nicméně je potřeba dbát na to, aby pro danou míru fragmentace bylo možné získat hodnoty jednotlivých vstupních proměnných modelu  $x_j$ . Autor na základě své zkušenosti doporučuje využít jako základní jednotku, jejíž dopravní obslužnost je v modelu posuzována, základní sídelní jednotku dle definice zákonem č. 230/2006 Sb., kterým se mění zákon č. 89/1995 Sb., o státní statistické službě, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony (Česko, 2006). Pokud v dané obci není struktura osídlení členěna až na úroveň základních sídelních jednotek, pak je pro danou obec užitá struktura dle částí obce. Soustava a statistické členění sídelních jednotek včetně základních sídelních jednotek a částí obcí dle výše uvedeného zákona je sestavená Českým statistickým úřadem.

Na základě znalosti daného území či jeho podrobného studia může být účelné pro sestavovaný model vybrané základní sídelní jednotky dle Českého statistického úřadu sloučit v případě, že sídelní jednotky tvoří jeden souvislý funkční celek, především z pohledu dopravní obslužnosti. Příkladem mohou být dvě sídelní jednotky, které sdílejí jednu autobusovou zastávku typicky na jejich rozhraní s tím, že z obou sídelních jednotek se autobusová zastávka nachází v přijatelné docházkové vzdálenosti.

Po vymezení sídelních jednotek  $m$  je třeba vymežit jejich území tak, aby bylo možné přesně určit všechny zastávky a stanice veřejné hromadné dopravy nacházející se na jejich území. K zastávkám a stanicím na území vymezených sídelních jednotek  $m$  je třeba ještě připočítat takové zastávky či stanice, které jsou v docházkové vzdálenosti od dané sídelní jednotky  $m$ .

Velikost docházkové vzdálenosti je na uvážení každého sestavovatele modelu a na podmínkách, pro které model sestavuje. Obecně ale platí, že by daná vzdálenost měla být v celém dalším postupu neměnná.

#### *Přiřazení zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy sídelním jednotkám*

Každé sídelní jednotce  $m$  je třeba přiřadit seznam všech stanic a zastávek veřejné hromadné dopravy, které se na jejím území, případně v její docházkové vzdálenosti nachází. Existují-li takové zastávky či stanice veřejné hromadné dopravy, které jsou přiřazeny více sídelním jednotkám  $m$ , jedná se o indikaci možného sloučení daných sídelních jednotek, protože je možné, že z pohledu dopravní obslužnosti tvoří jeden funkční celek.

Při přiřazování je třeba dbát především na skutečnou polohu zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy ve vztahu k jednotlivým sídelním jednotkám  $m$ . Ve většině případů se daná zastávka či stanice skutečně nazývá jménem dané sídelní jednotky  $m$ , ale existují výjimky, které je třeba zohlednit:

- Zastávka či stanice veřejné hromadné dopravy se nachází na území dané sídelní jednotky  $m$ , nicméně historicky nese jiný název, toto je typické především pro zastávky či stanice železniční dopravy. V autobusové dopravě došlo v posledních přibližně 15 letech k přejmenování většiny zastávek do exaktně určené formy „název obce,název místní části,bližší určení umístění v obci“ (Ministerstvo dopravy ČR, 2014b).
- Zastávka či stanice veřejné hromadné dopravy se nachází katastrálně na území sídelní jednotky  $m$ , nese její jméno, avšak není ani v docházkové vzdálenosti od této sídelní jednotky  $m$ , často se jedná o zastávky veřejné linkové autobusové dopravy na rozcestích pozemních komunikací.
- Zastávka či stanice veřejné hromadné dopravy se nachází katastrálně na území jedné sídelní jednotky  $m$  a nese její název, ale reálně slouží k dopravní obsluze jiné sídelní jednotky  $m$ .

#### **4.2.3 Sběr dat**

Navazujícím krokem je fáze sběru dat potřebných pro sestavení modelu. V rámci této fáze dochází ke sběru několika okruhů dat.

### *Posuzovaný rozsah dopravní obslužnosti*

Prvním okruhem dat, která je třeba získat a vhodně strukturovat, je posuzovaný rozsah dopravní obslužnosti, tedy počet spojů dopravní obslužnosti, který obsluhuje danou sídelní jednotku  $m$  za sledovanou časovou jednotku.

Posuzován je referenční stav dopravní obslužnosti, což je pro většinu případů skutečný stav dopravní obslužnosti v analyzovaném regionu. Vzhledem ke stejnému dopadu existence spoje veřejné dopravy obsluhujícího sídelní jednotku  $m$  není vhodné rozlišovat, zda se jedná o spoj provozovaný v závazku veřejné služby objednaný k tomu příslušným orgánem (stát prostřednictvím Ministerstva dopravy, kraj či obec), nebo zda se jedná o spoj provozovaný na komerční riziko dopravce. Obdobně výsledný model nijak nerozlišuje mezi spoji zajištěnými veřejnou linkovou autobusovou dopravou a veřejnou drážní dopravou, případně veřejnou lodní dopravou. Účelem modelu tedy je zhodnotit dopravní obslužnost území jako celku na základě skutečného stavu bez ohledu na druh dopravy, pro model je zásadní existence zajištěného spojení veřejnou hromadnou dopravou.

Za spoj obsluhující danou sídelní jednotku  $m$  je třeba považovat každý spoj, který obslouží alespoň jednu zastávku či stanici veřejné hromadné dopravy, která byla sídelní jednotce  $m$  v předchozím kroku přiřazena. Pokud se jedná o spoj jedoucí pouze ve vybrané dny, které se plně nekryjí s posuzovanou časovou jednotkou, lze jej uvést desetinným podílem dle postupu uvedeného ve vzorci (68).

$$g_{c/\lambda}^m = \frac{a_{c/\lambda}^m}{b} \quad (68)$$

kde:

$g_{c/\lambda}^m$ ..... podíl spoje  $c$  linky  $\lambda$  obsluhujícího sídelní jednotku  $m$  připadající na definovanou časovou jednotku [-],

$a_{c/\lambda}^m$ ..... počet časových jednotek za kalendářní týden, v nichž je sídelní jednotka  $m$  obsloužena spojem  $c$  linky  $\lambda$  [-],

$b$  ..... počet všech těchto časových jednotek za kalendářní týden [-].

Pro nejtypičtější příklad časové jednotky jednoho pracovního dne, existuje-li spoj 3 fiktivní autobusové linky 220001 obsluhující danou sídelní jednotku  $m$ , který je provozován například pouze v úterý a čtvrtek (typicky časové omezení v jízdním řádu ② ④), lze dosazením do vzorce (68) jeho podíl vypočítat jednoduchým výpočtem sestaveným ve vzorci (69).

$$g_{3/220001}^m = \frac{a_{3/220001}^m}{b} = \frac{2}{5} = 0,4 \quad (69)$$

kde:

$g_{3/220001}^m$  ..... podíl spoje 3 linky 220001 obsluhujícího sídelní jednotku  $m$  připadající na pracovní den [-],

$a_{3/220001}^m$  ..... počet pracovních dní za kalendářní týden, v nichž je sídelní jednotka  $m$  obsloužena spojením 3 linky 220001 [-],

$b$  ..... počet pracovních dnů za kalendářní týden [-].

Při analýze jízdních řádů je vhodné vyjít z pravidelných jízdních řádů, které nejsou ovlivněny krátkodobými dopravními omezeními a s tím spojenými výlukami, náhradní dopravou či výlukovým trasováním spojů. Celkový počet spojů obsluhující sídelní jednotku  $m$  za danou časovou jednotku lze spočítat jako sumu všech spojů všech linek obsluhujících zastávky a stanice veřejné hromadné dopravy přiřazené dané sídelní jednotce  $m$ , přičemž za linku je v tomto případě považována jakákoliv ucelená nabídka veřejné hromadné dopravy, tedy i soubor spojů na železniční trati či spojení lodní linkou. Výpočet je proveden dle vzorce (70).

$$y^m = \sum_{\lambda=1}^{\omega} \sum_{c/\lambda=1}^{u_{\lambda}} g_{c/\lambda}^m \quad (70)$$

kde:

$y^m$  ..... referenční hodnota počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku [-],

$\lambda$  ..... identifikátor konkrétní linky,  $\lambda \in \langle 1; \omega \rangle \wedge \lambda \in \mathbb{N}$  [-],

$\omega$  ..... počet všech zahrnutých linek veřejné hromadné dopravy,  $\omega \geq 1 \wedge \omega \in \mathbb{N}$  [-],

$c/\lambda$  ..... identifikátor konkrétního spoje linky  $\lambda$ ,  $c \in \langle 1; u_{\lambda} \rangle \wedge c \in \mathbb{N}$  [-],

$u_{\lambda}$  ..... počet všech spojů linky  $\lambda$ ,  $u_{\lambda} \geq 1 \wedge u_{\lambda} \in \mathbb{N}$  [-],

$g_{c/\lambda}^m$  ..... podíl spoje s linky  $\lambda$  obsluhujícího sídelní jednotku  $m$  připadající na definovanou časovou jednotku [-].

Nejtypičtější situace je hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti počítané pro současný stav dopravní obslužnosti, v daném případě je vhodné u veřejné linkové autobusové dopravy vyjít z databáze Celostátního informačního systému o jízdních řádech Ministerstva dopravy, která je k dispozici na internetových stránkách <http://portal.cisjr.cz> (CHAPS a Ministerstvo dopravy ČR, 2019). Tyto jízdní řády obsahují i informace o vybraných pravidelně provozovaných přívozech a lodních linkách. Jízdní řády veřejné drážní dopravy zpřístupňuje Správa železniční dopravní cesty, s.o. na svých webových stránkách <http://www.szdc.cz> (SŽDC, 2019a). Existují-li další spoje veřejné hromadné dopravy, které nejsou uvedeny

v předchozích dvou zdrojích a přesto jsou pravidelně provozovány, je vhodné je zařadit do modelu též, jedná se například o vybrané přívozy, ve specifických případech i o lanové dráhy.

Výsledkem této fáze je sestavený vektor empiricky zjištěného posuzovaného rozsahu dopravní obslužnosti  $\mathbf{y}$ . Struktura vektoru  $\mathbf{y}$  je naznačena ve vzorci (71).

$$\mathbf{y} = \begin{pmatrix} y^1 \\ \vdots \\ y^n \end{pmatrix} \quad (71)$$

kde:

$\mathbf{y}$  ..... vektor referenčních hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti ve všech zahrnutých  $n$  sídelních jednotkách za stanovenou časovou jednotku [-],

$y^1$  ..... referenční hodnota počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m = 1$  za stanovenou časovou jednotku [-],

$y^n$  ..... referenční hodnota počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m = n$  za stanovenou časovou jednotku [-],

$n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-].

#### *Vstupy odvozené od faktorů determinujících rozsah dopravní obslužnosti*

Jednotlivé vstupy modelu a způsob, jakým jsou odvozeny od faktorů determinujících rozsah dopravní obslužnosti, jsou uvedeny v oddílu 4.1 této práce. Hodnoty jednotlivých vstupů je třeba sestavit pro každou sídelní jednotku  $m$  v posuzovaném regionu.

Pro vybrané vstupy je třeba definovat rozhodné limitní hodnoty  $\zeta$ , jejichž přehled je sestaven v tabulce Tabulka 3 na straně 114, tyto vzdálenosti lze definovat arbitrárně na základě zkušeností a znalostí řešitele, nebo lze jejich možné hodnoty statisticky otestovat. Pokud existuje záměr tyto limitní hodnoty statisticky otestovat, je třeba sestavit vektory proměnných pro všechny testované varianty.

#### *Sestavení matice nezávislých proměnných s ohledem na testování limitních hodnot vybraných variantních vstupů*

Jestliže bylo v předchozím kroku rozhodnuto o zařazení variantních vstupů limitních hodnot  $\zeta$ , je třeba provést vyšetření statistické významnosti jednotlivých variantních vstupů a vybrat ty nejvhodnější z nich. Testování probíhá postupným výpočtem regresního modelu dle vzorců (75) až (96), do kterého je vždy zařazen pouze jeden z variantních vstupů pro konkrétní uvažovanou proměnnou limitní hodnotu  $\zeta$  za podmínky ceteris paribus. Pro každou takovou  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu je sestavena matice  $\mathbf{X}_i$ , jejíž struktura je uvedena ve vzorci (72).



$$\mathbf{X}_i = \begin{pmatrix} 1 & x_1^1 & \cdots & x_k^1 \\ 1 & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_1^n & \cdots & x_k^n \end{pmatrix} \quad (72)$$

kde:

$\mathbf{X}_i$ ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$ , do které byla vybrána  $i$ -tá kombinace vstupů modelu [-],

$i$ ..... identifikátor konkrétní kombinace vstupů,  $i \in \langle 1; N \rangle \wedge i \in \mathbb{N}$  [-],

$x_1^1, \dots, x_k^n$ ..... jednotlivé nezávislé vstupní proměnné [-],

$k$ ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$n$ ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-].

Před zahájením výpočtu regresního modelu je tedy sestaveno  $N$  matic  $\mathbf{X}_i$ , které reflektují všechny kombinace variantních vstupů. Pro každou limitní hodnotu  $\zeta$  lze tedy sestavit množinu  $P_\zeta$  kombinací vstupů modelu  $i$ , která má  $\theta_\zeta$  prvků.

Pro každou posuzovanou hodnotu jedné z limitních hodnot  $\zeta$ , či posuzovanou skupinu limitních hodnot  $\zeta$  bylo sestaveno  $\theta_\zeta$  kombinací vstupů modelu, které se liší pouze danou limitní hodnotou  $\zeta$  či související skupinou limitních hodnot  $\zeta$ . Platí tedy rovnice uvedená ve vzorci (73).

$$N = \theta_{A,B,D} + \theta_E + \theta_G + \theta_{J,K} + \theta_L + \theta_M \quad (73)$$

kde:

$N$ ..... počet kombinací vstupů,  $N \geq 2 \wedge N \in \mathbb{N}$  [-],

$\theta_{A,B,D}$ ..... počet prvků množiny  $P_{A,B,D}$  [-],

$\theta_E$ ..... počet prvků množiny  $P_E$  [-],

$\theta_G$ ..... počet prvků množiny  $P_G$  [-],

$\theta_{J,K}$ ..... počet prvků množiny  $P_{J,K}$  [-],

$\theta_L$ ..... počet prvků množiny  $P_L$  [-],

$\theta_M$ ..... počet prvků množiny  $P_M$  [-].

Cílem je najít takový z variantních vstupů pro každou limitní hodnotu, jenž vede k nejvyšším hodnotám věrohodnosti modelu, k tomu je užito porovnání pomocí reziduálních součtů čtverců  $S_R$  jednotlivých variant kombinací vstupů modelu  $i$ . Pro každou množinu  $P_\zeta$  je z jejích  $\theta_\zeta$  kombinací vstupů modelu  $i$  vybrána ta z nich, která dosahuje nejnižších hodnot  $S_R$ . Vektor  $x_j$  odpovídající dané limitní hodnotě  $\zeta$ , případně skupině limitních hodnot  $\zeta$ , kterému odpovídala kombinace vstupů modelu  $i$  s nejnižším dosaženým reziduálním součtem čtverců  $S_R$ , následně vstupuje do matice  $\mathbf{X}_{\text{opt}}$ , která je sestavena ve vzorci (104).

#### 4.2.4 Sestavení regresního modelu dopravní obslužnosti

Stěžejním krokem je konstrukce předmětného matematicko-statistického modelu. Tento matematicko-statistický model byl autorem sestaven k odvození odhadu počtu spojů veřejné hromadné dopravy v jednotlivých zahrnutých sídelních jednotkách  $m$  posuzovaného regionu a k vyhodnocení míry jednotlivých sledovaných faktorů ovlivňujících dopravní obslužnost

na skutečný počet spojů veřejné hromadné dopravy. Model předpokládá příčinnou závislost referenčního počtu spojů dopravní obslužnosti na do modelu zahrnutých vstupech reprezentujících faktory identifikované v literární rešerši.

Základními vstupy pro jeho sestavení jsou vektor empiricky zjištěného posuzovaného rozsahu dopravní obslužnosti  $\mathbf{y}$  a matice všech proměnných reprezentujících faktory determinující rozsah dopravní obslužnosti  $\mathbf{X}_i$ .

Sestavení regresního modelu obsahuje postupnou implementaci vybraných regresních postupů. Prvním je iniciační výpočet pomocí vícenásobné lineární regrese s využitím standardní metody nejmenších čtverců, která byla představena v pododdílu 3.2.1 na straně 67 a dále této práce. Tento model je následně výrazně zpřesněn implementací metody LTS robustní regrese, přestože tímto krokem dojde k nárůstu celkového součtu čtverců reziduí  $S_R$ , je výsledný odhad přesnější, protože není ovlivněn odlehlými pozorováními, zároveň je tím zajištěno dosažení normálního rozdělení pravděpodobnosti reziduí jednotlivých zahrnutých pozorování, tedy posuzovaných sídelních jednotek  $m$ . Metoda LTS byla teoreticky představena v pododdílu 3.2.2 na straně 75 a dále této práce. U vybraných testovaných regionů včetně aplikace uvedené v této disertační práci na okresu Ústí nad Labem před implementací robustní regrese rezidua neměla normální rozdělení pravděpodobnosti, a tedy by byla zamítnuta hypotéza o schopnosti modelu predikovat věrně odhady. Zůstávajícím problémem modelu je i po implementaci prvku robustní regrese multikolinearita, tedy výrazná vzájemná lineární závislost jednotlivých vysvětlujících proměnných. Problematiku multikolinearity v modelu teoreticky přibližuje pododíl 3.2.3 na straně 88 této práce. K vyřešení tohoto problému je implementována hřebenová regrese, která je určena pro práci s multikolinearitou. Hřebenová regrese vychýlí odhady hodnot, ale vede k výrazné stabilizaci modelu a eliminuje druhý faktor, který by vedl k zamítnutí vypovídací hodnoty modelu, a sice multikolinearitu.

### Vícenásobná lineární regresní funkce

Prvotním krokem je výpočet vícenásobné lineární regresní funkce. Její minimalizační kritérium, jehož cílem je najít optimální regresní funkci popisující dané statistické vztahy, je dáno vzorcem (74).

$$\min_{\hat{\beta}_{VLR}^i} (\mathbf{y} - \mathbf{X}_i \hat{\beta}_{VLR}^i)^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}_i \hat{\beta}_{VLR}^i) \quad (74)$$

kde:

- $\hat{\beta}_{VLR}^i$ ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek zjištěný pomocí aproximační funkce nalezené vícenásobnou lineární regresí pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],
- $\mathbf{y}$  ..... vektor referenčních hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti ve všech zahrnutých  $n$  sídelních jednotkách za stanovenou časovou jednotku [-],
- $\mathbf{X}_i$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$ , do které byla vybrána  $i$ -tá kombinace vstupů modelu [-].

Cílem je tedy nalézt takový vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametrů  $\hat{\beta}^{VLR}$ , který minimalizuje součin  $(\mathbf{y} - \mathbf{X}_i \hat{\beta}_{VLR}^i)^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}_i \hat{\beta}_{VLR}^i)$ , který tvoří sumu čtverců reziduí. Pro nalezení optimálních hodnot vektoru  $\hat{\beta}_{VLR}^i$  lze užít libovolný statistický software. V případě ručního výpočtu lze postupovat dle vzorce (75):

$$\hat{\beta}_{VLR}^i = (\mathbf{X}_i^T \mathbf{X}_i)^{-1} \mathbf{X}_i^T \mathbf{y} \quad (75)$$

kde:

- $\hat{\beta}_{VLR}^i$ ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek zjištěný pomocí aproximační funkce nalezené vícenásobnou lineární regresí pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],
- $\mathbf{X}_i$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$ , do které byla vybrána  $i$ -tá kombinace vstupů modelu [-],
- $\mathbf{y}$  ..... vektor referenčních hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti ve všech zahrnutých  $n$  sídelních jednotkách za stanovenou časovou jednotku [-].

Po vypočtení optimálních hodnot vektoru nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  je možné sestavit vektor predikovaných hodnot  $\hat{\mathbf{y}}_{VLR}^i$ , jeho výpočet je představen ve vzorci (76).

$$\hat{\mathbf{y}}_{VLR}^i = \mathbf{X}_i \hat{\beta}_{VLR}^i \quad (76)$$

kde:

- $\hat{\mathbf{Y}}_{VLR}^i$  ..... vektor predikovaných hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti za definovanou časovou jednotku o počtu  $n$  složek zjištěný pomocí aproximační funkce nalezené vícenásobnou lineární regresí pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],
- $\mathbf{X}_i$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$ , do které byla vybrána  $i$ -tá kombinace vstupů modelu [-],
- $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{VLR}^i$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek zjištěný pomocí aproximační funkce nalezené vícenásobnou lineární regresí pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-].

Uvedenou maticovou podobu vzorce lze převést do explicitní podoby pro každou zahrnutou sídelní jednotku  $m$ , jak je uvedeno ve vzorci (77).

$$\hat{y}_{VLR,i}^m = \hat{\beta}_0^{VLR,i} + \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j^{VLR,i} \times x_{j,i}^m \quad (77)$$

kde:

- $\hat{y}_{VLR,i}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený vícenásobnou lineární regresí pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],
- $\hat{\beta}_0^{VLR,i}$  ..... odhad absolutního regresního parametru vypočtený vícenásobnou lineární regresí pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu – teoretický počet spojů obsluhujících sídelní jednotku za stanovenou časovou jednotku v případě nulové hodnoty všech  $k$  vstupů pro sídelní jednotku  $m$  [-],
- $j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N}$  [-],
- $k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],
- $\hat{\beta}_j^{VLR,i}$  ..... odhad regresního parametru  $j$ -té nezávislé proměnné vypočtený vícenásobnou lineární regresí pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\hat{\beta}_0^{VLR,i}$  obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_j^m$  je roven jedné [-],
- $x_{j,i}^m$  ..... hodnota  $j$ -tého vstupu pro sídelní jednotku  $m$  pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-].

Po vypočtení uvedeného vzorce pro všech  $n$  do modelu zahrnutých sídelních jednotek  $m$  lze sestavit vektor predikovaných hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti za definovanou

časovou jednotku o počtu  $n$  složek zjištěný pomocí aproximační funkce nalezené vícenásobnou lineární regresí  $\hat{y}_{VLR}^i$ , výsledek postupu je analogický výslednému vektoru vypočtenému ve vzorci (76).

Pro každou zahrnutou sídelní jednotku  $m$  je následně třeba vypočítat reziduum jejího odhadu  $\hat{y}_{VLR,i}^m$ , tedy odchylku  $e_{VLR,i}^m$  odhadu počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený vícenásobnou lineární regresí od referenčního stavu. Tato chyba modelu je způsobena vlivy, které model neumí postihnout. Postup je uveden ve vzorci (78).

$$e_{VLR,i}^m = y^m - \hat{y}_{VLR,i}^m \quad (78)$$

kde:

- $e_{VLR,i}^m$  ..... chyba modelu vypočteného vícenásobnou lineární regresí pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu pro sídelní jednotku  $m$  [-],
- $y^m$  ..... referenční hodnota počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku [-],
- $\hat{y}_{VLR,i}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený vícenásobnou lineární regresí pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-].

Soustava sestavená ve vzorcích (76), (77) a (78) odpovídá hypotetickému modelu postavenému pouze na vícenásobné lineární regresi za podmínky normálního rozdělení reziduí a absence významné multikolinearity. Takový model by vykazoval nižší věrohodnost a měl by tedy horší schopnost predikovat odhady pro nově zahrnuté sídelní jednotky, oproti tomu by však byl výpočetně výrazně méně náročný.

### *Zahrnutí prvků robustní regrese*

Dalším krokem je zajištění robustnosti odhadu za použití prvků robustní regrese, cílem je identifikace odlehlých pozorování, jejich vyloučení z modelu a následné zvěrohodnění odhadu pro ostatní pozorování. Za odlehlá pozorování jsou v modelu považovány sídelní jednotky  $m$ , jejichž odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách  $m$  za stanovenou časovou jednotku má vyšší čtvercové reziduum  $e_{VLR,i}^m{}^2$  oproti ostatním sídelním jednotkám a výrazně tak vychyluje směr přímky lineární regrese. Toto je dáno kontaminací dat vlivem, který není zahrnut ve vstupních proměnných, typickým důvodem je vliv faktoru, který nelze do modelu promítnout, případně specifický faktor, jehož statistická významnost není prokázána.

K zajištění robustnosti odhadu bude užita metoda LTS, která na základě zadaného předpokládaného počtu odlehlých pozorování analyzuje všechny subsety dané kombinací úzkého okolí počtu sídelních jednotek  $m$ , které nejsou považovány za odlehlé pozorování. Identifikace počtu odlehlých pozorování probíhá pomocí výpočtu studentizovaných reziduí  $t_i^m$  vypočtených pro každé zahrnuté pozorování, tedy pro každou sídelní jednotku  $m$ , a jejich porovnání s hodnotou ze statistických tabulek  $t_{1-\alpha_t^t}(v_t^t)$  indikující odlehlou polohu. Výpočtu studentizovaných reziduí předchází sestavení projekční matice regresního modelu  $\mathbf{H}_i$ , prvky na její diagonále  $h_{mm}^i$  vstupují do následujícího výpočtu studentizovaných reziduí. Výpočet matice  $\mathbf{H}_i$  je popsán vzorcem (79).

$$\mathbf{H}_i = \mathbf{X}_i(\mathbf{X}_i^T \mathbf{X}_i)^{-1} \mathbf{X}_i^T \quad (79)$$

kde:

$\mathbf{H}_i$  ..... projekční matice o rozměru  $(n \times n)$  pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],

$\mathbf{X}_i$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$ , do které byla vybrána  $i$ -tá kombinace vstupů modelu [-].

Výpočet studentizovaných reziduí  $t_i^m$  je založen na vzorcích (28) a (29) představených v pododdílu 3.2.2 této práce a vzorci (78) představeném v tomto pododdílu disertační práce. Jejich kombinací a dosazením lze získat vzorec (80), kterým jsou studentizovaná rezidua  $t_i^m$  pro každou sídelní jednotku  $m$  vypočtena.

$$\begin{aligned} t_i^m &= \frac{e_{VLR,i}^m}{\sqrt{s_{d^m,i}^2 \times (1 - h_{mm}^i)}} = \frac{e_{VLR,i}^m}{\sqrt{\frac{(n-k) \times s_{e,i}^2 - \frac{e_{VLR,i}^m{}^2}{1 - h_{mm}^i}}{n-k-1} \times (1 - h_{mm}^i)}} = \\ &= \frac{e_{VLR,i}^m}{\sqrt{\frac{(n-k) \times \frac{1}{n-k} \times \sum_{m=1}^n (y^m - \hat{y}_{VLR,i}^m)^2 - \frac{e_{VLR,i}^m{}^2}{1 - h_{mm}^i}}{n-k-1} \times (1 - h_{mm}^i)}} = \\ &= \frac{e_{VLR,i}^m}{\sqrt{\frac{\sum_{m=1}^n (y^m - \hat{y}_{VLR,i}^m)^2 - \frac{e_{VLR,i}^m{}^2}{1 - h_{mm}^i}}{n-k-1} \times (1 - h_{mm}^i)}} = \\ &= \frac{e_{VLR,i}^m}{\sqrt{\frac{(1 - h_{mm}^i) \times \sum_{m=1}^n (y^m - \hat{y}_{VLR,i}^m)^2 - e_{VLR,i}^m{}^2}{n-k-1}}} \end{aligned} \quad (80)$$

kde:

- $t_i^m$  ..... studentizované reziduum  $m$ -té sídelní jednotky pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],
- $e_{VLR,i}^m$  ..... chyba modelu vypočteného vícenásobnou lineární regresí pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu pro sídelní jednotku  $m$  [-],
- $s_{d,i}^2$  ..... rozptyl odstraněných reziduí při vyloučení  $m$ -té sídelní jednotky z regresního modelu pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],
- $h_{mm}^i$  ..... prvek na diagonále projekční matice  $\mathbf{H}_i$  pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu, který se nachází na  $m$ -tém řádku a v  $m$ -tém sloupci [-],
- $n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],
- $k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],
- $s_{e,i}^2$  ..... výběrový rozptyl chyb modelu vypočteného vícenásobnou lineární regresí pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],
- $m$  ..... identifikátor konkrétní sídelní jednotky,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],
- $y^m$  ..... referenční hodnota počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku [-],
- $\hat{y}_{VLR,i}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený vícenásobnou lineární regresí pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-].

Vypočtené studentizované reziduum  $t_i^m$  pro každou sídelní jednotku  $m$  je třeba porovnat se statistickými tabulkami Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti. K tomu je potřeba určit počet stupňů volnosti  $v_t^t$  předpokládaného rozdělení pravděpodobnosti daného studentizovaného rezidua  $t_i^m$ , určit hladinu spolehlivosti  $w$ , na které test na odlehlost pozorování probíhá, a sestavit kritický obor hodnot  $W_t^t$ . Počet stupňů volnosti  $v_t^t$  je vypočten vztahem dle vzorce (81).

$$v_t^t = n - k - 2 \quad (81)$$

kde:

- $v_t^t$  ..... počet stupňů volnosti Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti studentizovaných reziduí  $t_i^m$  daného regresního modelu [-],
- $n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],
- $k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-].

Vzorec (82) ukazuje vztah, jak odvodit kvantil Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti  $\alpha_t^t$ , který vyjadřuje doplňkem do jedné určenou hladinu spolehlivosti  $w$ .

$$\alpha_t^t = 1 - \frac{w}{100} \quad (82)$$

kde:

- $\alpha_t^t$ ..... kvantil Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro test studentizovaných reziduí daného regresního modelu [-],  
 $w$ ..... požadovaná hladina spolehlivosti [%].

Poslední absentující vztah před realizací statistického testování je sestavení kritického oboru hodnot studentizovaných reziduí analyzovaného lineárního regresního modelu  $W_t^t$ , jeho sestavení zachycuje vzorec (83).

$$W_t^t = \left( t_{1-\alpha_t^t}(v_t^t); \infty \right) \quad (83)$$

kde:

- $W_t^t$ ..... kritický obor hodnot studentizovaných reziduí analyzovaného lineárního regresního modelu [-],  
 $t_{1-\alpha_t^t}(v_t^t)$ ..... hodnota odečtená ze statistických tabulek Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro hladinu spolehlivosti  $(1 - \alpha_t^t)$  a  $v_t^t$  stupňů volnosti [-].

Statistické tabulky Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti jsou volně dostupné na internetu a zároveň jsou běžnou součástí statistické literatury, například Hála a Jarušková (1999).

Posledním krokem k identifikaci odlehlých pozorování je testování hodnot studentizovaného rezidua  $t_i^m$  sídelní jednotky  $m$ . Pokud je absolutní hodnota studentizovaného rezidua  $t_i^m$  sídelní jednotky  $m$  elementem kritického oboru hodnot  $W_t^t$ , pak je daná sídelní jednotka  $m$  odlehlým pozorováním, pokud není elementem této množiny, nejedná se o odlehlé pozorování dle studentizovaných reziduí. Postup ilustruje vzorec (84).

$$\begin{aligned} |t_i^m| \in W_t^t &\Rightarrow m \text{ je odlehlé pozorování} \Rightarrow m \in Z_i \\ |t_i^m| \notin W_t^t &\Rightarrow m \text{ není odlehlé pozorování} \Rightarrow m \notin Z_i \end{aligned} \quad (84)$$

kde:

- $t_i^m$ ..... studentizované reziduum  $m$ -té sídelní jednotky pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],  
 $W_t^t$ ..... kritický obor hodnot studentizovaných reziduí analyzovaného lineárního regresního modelu [-],  
 $m$ ..... identifikátor konkrétní sídelní jednotky,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],  
 $Z_i$ ..... množina odlehlých pozorování pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-].



Po posouzení všech  $n$  pozorování lze sestavit množinu odlehlých pozorování  $Z_i$ , do množiny  $Z_i$  je zahrnuta každá sídelní jednotka  $m$ , jestliže byla vzorcem (84) identifikována jako odlehlé pozorování. Pro množinu  $Z_i$  platí vzorec (85).

$$|Z_i| = \rho_i \quad (85)$$

kde:

$Z_i$  ..... množina odlehlých pozorování pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],

$\rho_i$  ..... počet odlehlých pozorování pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu,  $\rho_i \in \langle 1; n - 2 \rangle \wedge \rho_i \in \mathbb{N}$  [-].

Po sestavení množiny  $Z_i$  a určení hodnoty počtu odlehlých pozorování  $\rho_i$  lze přistoupit k robustní metodě LTS. Prvotním krokem je výpočet usekávací konstanty  $r_i$ , která snižuje počet sídelních jednotek  $m$ , který vstupuje do kritériální funkce. Výpočet této konstanty je uveden ve vzorci (86).

$$r_i = n - \rho_i \quad (86)$$

kde:

$r_i$  ..... usekávací konstanta, počet sídelních jednotek zahrnutých do jednotlivých subsetů  $\gamma$  minimalizačního kritéria LTS pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu,  $r_i \in \langle 1; n \rangle \wedge r_i \in \mathbb{N}$  [-],

$n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$\rho_i$  ..... počet odlehlých pozorování pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu,  $\rho_i \in \langle 1; n - 2 \rangle \wedge \rho_i \in \mathbb{N}$  [-].

Návazným krokem je sestavení všech  $\Gamma_i$  subsetů  $\gamma$ , které obsahují vždy  $r_i$  sídelních jednotek  $m$ . S využitím kombinatorických pravidel lze tedy charakterizovat daný proces jako kombinaci  $r_i$ -té třídy z  $n$  prvků bez opakování. Konečné množství subsetů lze tedy odvodit ve vzorci (87).

$$\Gamma_i = C_{r_i}(n) = \binom{n}{r_i} = \frac{n!}{r_i! \times (n - r_i)!} \quad (87)$$

kde:

$\Gamma_i$  ..... počet sestavených subsetů sídelních jednotek  $m$ ,  $\Gamma_i \geq 1 \wedge \Gamma_i \in \mathbb{N}$  [-],

$C_r(n)$  ..... kombinace  $r_i$ -té třídy z  $n$  prvků bez opakování,

$r_i$  ..... usekávací konstanta, počet sídelních jednotek  $m$  zahrnutých do jednotlivých subsetů  $\gamma$  minimalizačního kritéria LTS pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu,  $r_i \in \langle 1; n \rangle \wedge r_i \in \mathbb{N}$  [-],

$n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-].

Pro každý subset  $\gamma$  je třeba vypočítat standardní vícenásobnou lineární regresi, najít tedy vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  pro danou kombinaci sídelních jednotek  $m$ , tento vektor lze odhadnout pomocí vzorce (88).

$$\widehat{\beta}_{\gamma}^i = (\mathbf{X}_{\gamma}^i \mathbf{X}_{\gamma}^i)^{-1} \mathbf{X}_{\gamma}^i \mathbf{y}_{\gamma} \quad (88)$$

kde:

- $\widehat{\beta}_{\gamma}^i$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený vícenásobnou lineární regresi pro subset  $\gamma$  sídelních jednotek  $m$  sestavený pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],
- $\mathbf{X}_{\gamma}^i$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(r_i \times p)$  pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu sestavená pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma$  [-],
- $\mathbf{y}_{\gamma}$  ..... vektor referenčních hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti o počtu  $r_i$  složek sestavený pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma$  [-].

S vektorem  $\widehat{\beta}_{\gamma}^i$  lze sestavit odhady počtu spojů dopravní obslužnosti za definovanou časovou jednotku  $\widehat{y}_{\gamma,i}^m$  pro všechny sídelní jednotky  $m$ , tedy nejen pro ty, které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma$ , ale pro všech  $n$  sídelních jednotek zahrnutých do modelu. Sestavení je provedeno standardním vztahem pro lineární regresi, který je uveden ve vzorci (89).

$$\widehat{y}_{\gamma,i}^m = \widehat{\beta}_0^{\gamma,i} + \sum_{j=1}^k \widehat{\beta}_j^{\gamma,i} \times x_{j,i}^m \quad (89)$$

kde:

- $\widehat{y}_{\gamma,i}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený vícenásobnou lineární regresi pro subset  $\gamma$  se zahrnutím  $i$ -té kombinace vstupů modelu [-],
- $\widehat{\beta}_0^{\gamma,i}$  ..... odhad absolutního regresního parametru vypočtený lineární regresi pro subset  $\gamma$  se zahrnutím  $i$ -té kombinace vstupů modelu – teoretický počet spojů obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě nulové hodnoty všech  $k$  vstupů pro sídelní jednotku  $m$  [-],
- $j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N}$  [-],
- $k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

- $\hat{\beta}_j^{\gamma,i}$  ..... odhad absolutního regresního parametru vypočtený lineární regresí pro subset  $\gamma$  se zahrnutím  $i$ -té kombinace vstupů modelu – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\hat{\beta}_0^{RR}$  obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_j^m$  je roven jedné [-],
- $x_{j,i}^m$  ..... hodnota  $j$ -tého vstupu pro sídelní jednotku  $m$  pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-].

Následně jsou vypočtena rezidua pro všechny sídelní jednotky  $m$  zahrnuté do subsetu  $\gamma$ . Výpočet reziduí je dán vzorcem (90).

$$e_{\gamma,i}^m = y^m - \hat{y}_{\gamma,i}^m \quad (90)$$

kde:

- $e_{\gamma,i}^m$  ..... chyba modelu vypočteného vícenásobnou lineární regresí pro subset  $\gamma$  se zahrnutím  $i$ -té kombinace vstupů modelu pro sídelní jednotku  $m$  [-],
- $y^m$  ..... referenční hodnota počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku [-],
- $\hat{y}_{\gamma,i}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený vícenásobnou lineární regresí pro subset  $\gamma$  se zahrnutím  $i$ -té kombinace vstupů modelu [-].

Pro každý z  $N$  subsetů  $\gamma$  je pak sestaveno ordinální pořadí čtverců reziduí  $e_{\gamma,i}^{[m_\gamma^i]}$  do něj zařazených sídelních jednotek  $m$ . Jejich pořadí je sestaveno dle vzorce (91).

$$e_{\gamma,i}^{[1]^2} \leq e_{\gamma,i}^{[2]^2} \leq \dots \leq e_{\gamma,i}^{[n]^2} \quad (91)$$

kde:

- $e_{\gamma,i}^{[1]}$  ..... reziduum sídelní jednotky  $[m_\gamma^i] = 1$  pro vícenásobnou lineární regresí sestavenou pro subset  $\gamma$  sídelních jednotek a  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],
- $e_{\gamma,i}^{[2]}$  ..... reziduum sídelní jednotky  $[m_\gamma^i] = 2$  pro vícenásobnou lineární regresí sestavenou pro subset  $\gamma$  sídelních a  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],
- $e_{\gamma,i}^{[n]}$  ..... reziduum sídelní jednotky  $[m_\gamma^i] = n$  pro vícenásobnou lineární regresí sestavenou pro subset  $\gamma$  sídelních jednotek a  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-].

Po sestavení tohoto pořadí pro všechny subsety  $\gamma$  jsou připraveny všechny vstupy pro robustní regresi metodou LTS. Její minimalizační kritérium je sestaveno ve vzorci (92).

$$\begin{aligned} \min_{\gamma} \min_{\hat{\beta}_{\gamma,i}^{LTS}} \mathbf{e}_{\gamma,i}^*{}^2 &= \min_{\gamma} \min_{\hat{\beta}_{\gamma,i}^{LTS}} (\mathbf{y}_{\gamma}^* - \mathbf{X}_{\gamma,i}^* \hat{\beta}_{\gamma,i}^{LTS})^2 = \min_{\gamma} \min_{\hat{\beta}_0^{LTS,\gamma,i}, \hat{\beta}_j^{LTS,\gamma,i}} \sum_{[m_{\gamma}^i]=1}^r e_{\gamma,i}^{[m_{\gamma}^i]}{}^2 = \quad (92) \\ &= \min_{\gamma} \min_{\hat{\beta}_0^{LTS,\gamma,i}, \hat{\beta}_j^{LTS,\gamma,i}} \sum_{[m_{\gamma}^i]=1}^r \left( y^{[m_{\gamma}^i]} - \hat{\beta}_0^{LTS,\gamma,i} - \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j^{LTS,\gamma,i} \times x_j^{[m_{\gamma}^i]} \right)^2 \end{aligned}$$

kde:

$\gamma$  ..... identifikátor konkrétního subsetu o  $r_i$  sídelních jednotkách  $m$ ,  
 $\gamma \in \{1; \Gamma\} \wedge \gamma \in \mathbb{N} [-]$ ,

$\hat{\beta}_{\gamma,i}^{LTS}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$   
o počtu  $p$  složek získaný metodou LTS pro subset  $\gamma$  sestavený  
pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],

$\mathbf{e}_{\gamma,i}^*$  ..... reziduální vektor rozdílů mezi skutečnou hodnotou závisle  
proměnné  $y$  a jejího predikovaného odhadu o počtu  $r_i$  složek  
reprezentujících sídelní jednotky  $[m_{\gamma}^i]$  subsetu  $\gamma$  sestavený  
pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu, pořadí jednotlivých složek  
 $e_{\gamma}^{[m_{\gamma}^i]}$  je dáno ordinálním řazením vyjádřeným  $[m_{\gamma}^i]$  [-],

$\mathbf{y}_{\gamma}^*$  ..... vektor referenčních hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti  
o počtu  $r_i$  složek reprezentujících sídelní jednotky  $[m_{\gamma}^i]$  subsetu  $\gamma$   
sestavený pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu, pořadí  
jednotlivých složek  $y_{\gamma}^{[m_{\gamma}^i]}$  je dáno ordinálním řazením  
vyjádřeným  $[m_{\gamma}^i]$  [-],

$\mathbf{X}_{\gamma,i}^*$  ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(r_i \times p)$  sestavená  
pro sídelní jednotky  $[m_{\gamma}^i]$  subsetu  $\gamma$  a pro  $i$ -tou kombinaci vstupů  
modelu, pořadí řádků matice je dáno ordinálním řazením  
vyjádřeným  $[m_{\gamma}^i]$  [-],

$\hat{\beta}_0^{LTS,\gamma,i}$  ..... odhad absolutního regresního parametru vypočtený metodou LTS  
pro subset  $\gamma$  sestavený pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],

$\hat{\beta}_j^{LTS,\gamma,i}$  ..... odhad regresního parametru  $j$ -té nezávislé proměnné vypočtený  
metodou LTS pro subset  $\gamma$  sestavený pro  $i$ -tou kombinaci vstupů  
modelu [-],

$[m_{\gamma}^i]$  ..... identifikátor konkrétní sídelní jednotky v upraveném řazení  
dle velikosti druhých mocnin jejich reziduí vypočtených

- pro posuzovaný subset  $\gamma$  a pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu,  
 $[m_\gamma^i] \in \langle 1; n \rangle \wedge [m_\gamma^i] \in \mathbb{N} [-]$ ,
- $r_i$ ..... usekávací konstanta, počet sídelních jednotek  $[m_\gamma^i]$  zahrnutých do jednotlivých subsetů  $\gamma$  minimalizačního kritéria LTS pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu,  $r_i \in \langle 1; n \rangle \wedge r_i \in \mathbb{N} [-]$ ,
- $e_{\gamma,i}^{[m_\gamma^i]}$  ..... reziduum sídelní jednotky  $[m_\gamma^i]$  vypočtené vícenásobnou lineární regresí sestavenou pro subset  $\gamma$  a  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],
- $y^{[m_\gamma^i]}$ ..... referenční hodnota počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $[m_\gamma^i]$  za stanovenou časovou jednotku [-],
- $j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N} [-]$ ,
- $k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N} [-]$ ,
- $x_j^{[m_\gamma^i]}$  ..... hodnota  $j$ -té nezávislé proměnné pro pozorování  $[m_\gamma^i]$  pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-].

Nalezení takového subsetu  $\gamma_{opt}$  a jemu odpovídajícího vektoru  $\hat{\beta}_i^{LTS}$  je provedeno iteračním postupem s využitím statistického software. Identifikátory  $m$  všech sídelních jednotek, které jsou zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$ , tvoří nově definovanou množinu  $U_i$ .

Po sestavení vektoru  $\hat{\beta}_i^{LTS}$  lze znovu přepočítat regresní model, vzhledem k užití stejného matematického aparátu jako u vícenásobné lineární regrese, jsou následující vzorce (93) a (94) odvozeny od vzorců (11) a (15). Výpočet vektoru predikovaných hodnot  $\hat{y}_{LTS}$  je představen ve vzorci (93). Přestože je minimalizační kritérium sestaveno s maticí  $\mathbf{X}_{\gamma,i}^*$ , výpočet vektoru predikovaných hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti za definovanou časovou jednotku je proveden z matice  $\mathbf{X}_i$ , protože je prováděn pro všechny zahrnuté sídelní jednotky, tedy i pro sídelní jednotky vymezené nerovnicí  $[m_{\gamma_{opt}}^i] > r_i$ .

$$\hat{y}_i^{LTS} = \mathbf{X}_i \hat{\beta}_i^{LTS} \quad (93)$$

kde:

- $\hat{y}_i^{LTS}$  ..... vektor predikovaných hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti za definovanou časovou jednotku o počtu  $n$  složek zjištěný pomocí aproximační funkce nalezené metodou LTS robustní regrese pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],
- $\mathbf{X}_i$ ..... matice nezávislých proměnných o rozměru  $(n \times p)$ , do které byla vybrána  $i$ -tá kombinace vstupů modelu [-],

$\hat{\beta}_i^{LTS}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený metodou LTS robustní regrese pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-].

Uvedenou maticovou podobu vzorce (93) lze stejně jako u vícenásobné lineární regrese převést do explicitní podoby pro každou zahrnutou sídelní jednotku  $m$  uvedené ve vzorci (94).

$$\hat{y}_{LTS,i}^m = \hat{\beta}_0^{LTS,i} + \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j^{LTS,i} \times x_{j,i}^m \quad (94)$$

kde:

$\hat{y}_{LTS,i}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený metodou LTS robustní regrese pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],

$\hat{\beta}_0^{LTS,i}$  ..... odhad absolutního regresního parametru vypočtený metodou LTS robustní regrese pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu – teoretický počet spojů obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě nulové hodnoty všech  $k$  vstupů pro sídelní jednotku  $m$  [-],

$j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N}$  [-],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$\hat{\beta}_j^{LTS,i}$  ..... odhad regresního parametru  $j$ -té nezávislé proměnné vypočtený metodou LTS robustní regrese pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\hat{\beta}_0^{LTS,i}$  obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_{j,i}^m$  je roven jedné [-],

$x_{j,i}^m$  ..... hodnota  $j$ -tého vstupu pro sídelní jednotku  $m$  pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-].

Reziduum odhadu provedeného pomocí metody LTS robustní regrese lze pro každou zahrnutou sídelní jednotku  $m$  vypočíst dle vzorce (95).

$$e_{LTS,i}^m = y^m - \hat{y}_{LTS,i}^m \quad (95)$$

kde:

$e_{LTS,i}^m$  ..... chyba modelu vypočteného metodou LTS robustní regrese pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu pro sídelní jednotku  $m$  [-],

$y^m$  ..... referenční hodnota počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku [-],

$\hat{y}_{LTS,i}^m$ ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený metodou LTS robustní regrese pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-].

### Volba jednotlivých vstupních proměnných do finální podoby modelu

V první fázi tohoto kroku dojde k výběru konkrétních limitních hodnot  $\zeta$ , respektive skupin limitních hodnot  $\zeta$ , jejichž variantní podoba definovala jednotlivé  $i$ -té kombinace vstupů modelu. Tato volba bude provedena s využitím reziduálního součtu čtverců  $S_R^{LTS,i}$ . Reziduální součet čtverců pro statistický model sestavený pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu lze vypočíst dle vzorce (96).

$$S_R^{LTS,i} = \sum_{\substack{m=1 \\ m \in U_i}}^n e_{LTS,i}^m{}^2 = \sum_{\substack{m=1 \\ m \in U_i}}^n (y^m - \hat{y}_{LTS,i}^m)^2 \quad (96)$$

kde:

$S_R^{LTS,i}$ ..... reziduální součet čtverců pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu sestavený pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  [-],

$m$ ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],

$U_i$ ..... množina sídelních jednotek  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-],

$n$ ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$e_{LTS,i}^m$ ..... reziduum  $m$ -tého pozorování pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu sestaveného pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  [-],

$y^m$ ..... skutečná empiricky zjištěná hodnota  $m$ -tého pozorování nezávislé proměnné [-],

$\hat{y}_{LTS,i}^m$ ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený metodou LTS robustní regrese pro  $i$ -tou kombinaci vstupů modelu [-].

Postup ve vzorcích (75) až (96) je zopakován pro všech  $N$  kombinací vstupů modelu. Konkrétní hodnotu limitní hodnoty  $\zeta$  k zařazení do finálního modelu pak lze odvodit jako hodnotu zařazenou do  $i$ -té kombinace, pro jejíž reziduálního součtu čtverců  $S_R^{LTS,i}$  platí, že je minimem ze všech reziduálních součtů čtverců  $S_R^{LTS,i}$  pro  $i \in P_\zeta$ .

Po nalezení všech optimálních limitní hodnot  $\zeta$  k zařazení do finálního modelu lze sestavit matici  $\mathbf{X}_{\zeta_{opt}}$ , jejíž  $j$ -té vstupy, které obsahovaly proměnné, které reprezentovaly

limitní hodnoty  $\zeta$ , obsahují nově optimální hodnoty těchto vstupů  $x_j$ . Identifikátory  $j$  všech  $j$ -tých vstupů, které tvoří sloupce matice  $\mathbf{X}_{\zeta_{opt}}$  včetně prvního sloupce tvořeného pouze jednotkovým vektorem, jsou zahrnuty do množiny  $Q$ . Po sestavení matice  $\mathbf{X}_{\zeta_{opt}}$  jsou znovu vypočteny vzorce (93) a (94) pro  $\mathbf{X}_{\zeta_{opt}}$ , kde  $\zeta_{opt}$  je specifickou hodnotou kombinace vstupů  $i$ .

Po vypočtení metody LTS pro matici  $\mathbf{X}_{\zeta_{opt}}$  je znovu sestavena matice  $U_i$ , v tomto případě pro  $i = \zeta_{opt}$ , tedy matice  $U_{\zeta_{opt}}$ . Z vektoru  $\hat{\beta}_{\zeta_{opt}}^{LTS}$  vypočteného ve vzorci (88) lze vyjádřit každou ze složek  $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  odpovídající  $j$ -té vstupní proměnné. Tyto parametry  $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  budou nyní testovány statistickými  $t$ -testy, které určí jejich významnosti pro výsledný odhad modelu, pokud bude  $j$ -tý parametr vyhodnocen jako statisticky nevýznamný, bude jemu odpovídající vektor nezávislých proměnných  $\mathbf{x}_j^{\zeta_{opt}}$  z modelu vyloučen. Prvním krokem testu je stanovení hypotéz  $t$ -testu. Tyto hypotézy jsou sestaveny ve vzorci (97).

$$\begin{aligned} H_0: \hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}} &= 0 \\ H_A: \hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}} &\neq 0 \end{aligned} \quad (97)$$

kde:

$H_0$  ..... nulová hypotéza,

$\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  ..... odhad regresního parametru  $j$ -té nezávislé proměnné vypočtený metodou LTS robustní regrese pro kombinaci vstupů modelu  $\zeta_{opt}$  [-],

$H_A$  ..... alternativní hypotéza.

Počet stupňů volnosti Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro testovací kritérium  $v_t^\beta$  je odvozen ve vzorci (98).

$$v_t^\beta = n - k \quad (98)$$

kde:

$v_t^\beta$  ..... počet stupňů volnosti Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro test významnosti parametru  $\beta$  [-],

$n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-].

Druhým potřebným vstupem pro odvození hodnoty ze statistických tabulek Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti je určení hladiny spolehlivosti  $w$  a od ní odvozeného  $\alpha$ -kvantilu pravděpodobnosti, výpočet je uveden ve vzorci (99).



$$\alpha_t^\beta = 1 - \frac{w}{100} \quad (99)$$

kde:

$\alpha_t^\beta$  ..... kvantil Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro test významnosti parametru  $\beta$  [-],

$w$  ..... požadovaná hladina spolehlivosti [%].

V návaznosti na odvození obou vstupů potřebných pro odvození hodnoty ze statistických tabulek Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti lze stanovit kritický obor  $W_t^\beta$ , jehož krajní hodnotou je právě hodnota odvozená ze statistických tabulek  $t_{1-\frac{\alpha_t^\beta}{2}}(v_t^\beta)$ ,

konstrukce kritického oboru  $W_t^\beta$  je uvedena ve vzorci (100).

$$W_t^\beta = \left( t_{1-\frac{\alpha_t^\beta}{2}}(v_t^\beta); \infty \right) \quad (100)$$

kde:

$W_t^\beta$  ..... kritický obor hodnot testovacích statistik parametrů  $\beta_j$  analyzovaného lineárního regresního modelu [-],

$t_{1-\frac{\alpha_t^\beta}{2}}(v_t^\beta)$  ..... hodnota odečtená ze statistických tabulek Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro hladinu spolehlivosti  $\left(1 - \frac{\alpha_t^\beta}{2}\right)$  a  $v_t^\beta$  stupňů volnosti [-].

Statistické tabulky Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti jsou volně dostupné na internetu a zároveň jsou běžnou součástí statistické literatury, například Hála a Jarušková (1999).

Kritický obor  $W_t^\beta$  je sestaven pro testovací statistiku  $t$ -testu pro odhad parametru  $\beta_j$ , její výpočet je sestaven ve vzorci (101).

$$\begin{aligned} t_{\hat{\beta}_j}^{LTS, \zeta_{opt}} &= \frac{\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}}{s(\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}})} = \frac{\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}}{\sqrt{S_{e, LTS, \zeta_{opt}}^2 \times \delta_{jj}^{\zeta_{opt}}}} = \frac{\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}}{\sqrt{\frac{1}{n-k} \times S_R^{LTS, \zeta_{opt}} \times \delta_{jj}^{\zeta_{opt}}}} = \\ &= \frac{\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}}{\sqrt{\frac{1}{n-k} \times \sum_{m \in U_{\zeta_{opt}}}^n (y^m - \hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m)^2 \times \delta_{jj}^{\zeta_{opt}}}} \end{aligned} \quad (101)$$

kde:

$t_{\hat{\beta}_j}^{LTS, \zeta_{opt}}$  ..... testovací statistika  $t$ -testu pro odhad parametru  $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  [-],

- $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  ..... odhad regresního parametru  $j$ -té nezávislé proměnné vypočtený metodou LTS robustní regrese pro kombinaci vstupů modelu  $\zeta_{opt}$  [-],
- $s(\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}})$  ..... standardní chyba odhadu regresního parametru  $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  [-],
- $S_{e, LTS, \zeta_{opt}}^2$  ..... výběrový rozptyl reziduí posuzovaného regresního modelu vypočteného metodou LTS robustní regrese pro kombinaci vstupů modelu  $\zeta_{opt}$  [-],
- $\delta_{jj}^{\zeta_{opt}}$  ..... prvek na diagonále matice  $(\mathbf{X}_{\zeta_{opt}}^T \mathbf{X}_{\zeta_{opt}})^{-1}$ , který se nachází na  $j$ -tém řádku a v  $j$ -tém sloupci [-],
- $n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],
- $k$  ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],
- $S_R^{LTS, \zeta_{opt}}$  ..... reziduální součet čtverců regresního modelu vypočteného metodou LTS robustní regrese pro kombinaci vstupů modelu  $\zeta_{opt}$  [-],
- $m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],
- $U_{\zeta_{opt}}$  ..... množina sídelních jednotek  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese pro finální volbu vstupů modelu [-],
- $y^m$  ..... skutečná empiricky zjištěná hodnota  $m$ -tého pozorování nezávislé proměnné [-],
- $\hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m$  ..... predikovaná hodnota pro  $m$ -té pozorování [-].

Testovací statistika  $t$ -testu  $t_{\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}}$  je následně porovnána s kritickým oborem hodnot

$W_t^\beta$ . Vyhodnocení naznačuje vzorec (102).

$$\begin{aligned} \left| t_{\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}} \right| \in W_t^\beta &\Rightarrow \text{platí } H_A \Rightarrow \hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}} \text{ je významný} \Rightarrow j \notin V \\ \left| t_{\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}} \right| \notin W_t^\beta &\Rightarrow \text{platí } H_0 \Rightarrow \hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}} \text{ není významný} \Rightarrow j \in V \end{aligned} \quad (102)$$

kde:

$t_{\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}}$  ..... testovací statistika  $t$ -testu pro odhad parametru  $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  [-],

$W_t^\beta$  ..... kritický obor hodnot testovacích statistik parametrů  $\beta_j$  analyzovaného lineárního regresního modelu [-],

$H_A$  ..... alternativní hypotéza,

- $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  ..... odhad regresního parametru  $j$ -té nezávislé proměnné vypočtený metodou LTS robustní regrese pro kombinaci vstupů modelu  $\zeta_{opt}$  [-],
- $V$  ..... množina proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku [-],
- $H_0$  ..... nulová hypotéza.

Na základě testu statistické významnosti jednotlivých vstupních proměnných modelu  $x_j$  tedy dojde k vyloučení vybraných proměnných, protože na zvolené hladině spolehlivosti  $w$  nebyl prokázán jejich statisticky významný vliv na výsledný odhad počtu spojů veřejné hromadné dopravy  $\hat{y}_{TS, \zeta_{opt}}^m$  za definovanou časovou jednotku. Indexy  $j$  všech takto vybraných proměnných jsou zahrnuty do nově utvořené množiny  $V$ . Počet vyloučených proměnných  $v$  lze matematicky snadno definovat pomocí vzorce (103), který určuje velikost množiny  $V$ .

$$|V| = v \quad (103)$$

kde:

- $V$  ..... množina proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku [-],
- $v$  ..... počet proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku,  $v \in \langle 1; k - 1 \rangle \wedge v \in \mathbb{N}$  [-].

V návaznosti na tento krok je nutné znovu sestavit matici  $\mathbf{X}_{\zeta_{opt}}$  a také matici obsahující pouze pozorování, která byla zahrnuta do subsetu  $\gamma_{opt}$ . Matice  $\mathbf{X}_{\zeta_{opt}}$  je nově nahrazena maticí  $\mathbf{X}^{opt}$ , její struktura je naznačena ve vzorci (104).

$$\mathbf{X}^{opt} = (x_j^m) \text{ pro } \forall j \in Q \wedge j \notin V \wedge \text{pro } \forall m \quad (104)$$

kde:

- $\mathbf{X}^{opt}$  ..... matice finálních hodnot vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku o rozměru  $[n \times (p - v)]$  [-],
- $x_j^m$  ..... hodnota  $j$ -tého vstupu pro sídelní jednotku  $m$  [-],
- $j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N}$  [-],
- $Q$  ..... množina proměnných  $j$ , které jsou zahrnuty do matice  $\mathbf{X}_{\zeta_{opt}}$ , která zahrnuje finální kombinaci hodnot vstupů modelu [-],

- $V$  ..... množina proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku [-],
- $m$  ..... identifikátor konkrétní sídelní jednotky,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$ , kde  $n$  ( $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$ ) je počet sledovaných jednotek na vymezeném území regionu [-].

Obdobně je třeba sestavit i optimalizovanou podobu matice  $\mathbf{X}_{LTS}^{opt}$ , ta je popsána ve vzorci (105).

$$\mathbf{X}_{LTS}^{opt} = (x_j^m) \text{ pro } \forall j \in Q \wedge j \notin V \wedge \text{pro } \forall m \in U_{\zeta_{opt}} \quad (105)$$

kde:

- $\mathbf{X}_{LTS}^{opt}$  ..... matice finálních hodnot vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku o rozměru  $[r \times (p - v)]$  sestavená pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  [-],
- $x_j^m$  ..... hodnota  $j$ -tého vstupu pro sídelní jednotku  $m$  [-],
- $j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N}$  [-],
- $Q$  ..... množina proměnných  $j$ , které jsou zahrnuty do matice  $\mathbf{X}_{\zeta_{opt}}$ , která zahrnuje finální kombinaci hodnot vstupů modelu [-],
- $V$  ..... množina proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku [-],
- $m$  ..... identifikátor konkrétní sídelní jednotky,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$ , kde  $n$  ( $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$ ) je počet sledovaných jednotek na vymezeném území regionu [-],
- $U_{\zeta_{opt}}$  ..... množina sídelních jednotek  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese pro finální volbu vstupů modelu [-].

### *Zahrnutí prvků hřebenové regrese*

Vzhledem k charakteru dat vstupujících do modelu je patrné, že ani při maximálním úsilí není možné zajistit nízké hodnoty multikolinearity vektorů jednotlivých vstupních proměnných  $\mathbf{x}_j$ . Z tohoto důvodu je třeba aplikovat takovou regresní metodu, která je schopna s multikolinearitou pracovat, proto je na vícenásobný lineární regresní model již upravený robustním regresním přístupem aplikována hřebenová regrese. Pokud by nedošlo k aplikaci metody zohledňující multikolinearitu, nebyl by výsledný model stabilní.

Zásadním krokem hřebenové regrese je sestavení konstanty hřebenové regrese  $h$ . Její odhad bude proveden zobecněnou křížovou validací s validací vždy pro jedno vynechané pozorování. Výpočet kritéria  $GCV_{LOO}$ , které je odhadem hodnoty konstanty hřebenové regrese  $\hat{h}$ , je uveden ve vzorci (106).

$$\hat{h} = GCV_{LOO} = \frac{1}{r} \times \sum_{m \in U_{\zeta_{opt}}}^n \frac{e_{LTS, \zeta_{opt}}^m}{1 - \frac{p-v}{r}} \quad (106)$$

kde:

- $\hat{h}$  ..... odhad konstanty hřebenové regrese  $h$  [-],
- $GCV_{LOO}$  ..... kritérium zobecněné křížové validace pro postup s jedním vynechaným pozorováním (leave-one-out) [-],
- $r$  ..... usekávací konstanta, počet sídelních jednotek  $m$  zahrnutých do subsetu  $\gamma_{opt}$  minimalizačního kritéria LTS,  $r \in \langle 1; n \rangle \wedge r \in \mathbb{N}$  [-],
- $m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],
- $U_{\zeta_{opt}}$  ..... množina sídelních jednotek  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese pro finální volbu vstupů modelu [-],
- $n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],
- $e_{LTS, \zeta_{opt}}^m$  ..... chyba modelu vypočteného metodou LTS robustní regrese pro finální kombinaci vstupů modelu pro sídelní jednotku  $m$  [-],
- $p$  ..... počet složek původního vektoru  $\hat{\beta}_{\zeta_{opt}}^{LTS}$  [-],
- $v$  ..... počet proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku,  $v \in \langle 1; k-1 \rangle \wedge v \in \mathbb{N}$  [-].

Po vypočtení odhadu konstanty hřebenové regrese  $h$  lze sestavit opětovně minimalizační kritérium regresního modelu, jeho podoba je uvedena ve vzorci (107). Výpočet navazuje na již aplikované prvky robustní regrese, přejímá robustně upravenou matici  $\mathbf{X}_{LTS}^{opt}$ .

$$\min_{\hat{\beta}_{HR}} (\mathbf{y}_{LTS} - \mathbf{X}_{LTS}^{opt} \hat{\beta}_{HR})^T (\mathbf{y}_{LTS} - \mathbf{X}_{LTS}^{opt} \hat{\beta}_{HR}) + \hat{h} \hat{\beta}_{HR}^T \hat{\beta}_{HR} \quad (107)$$

kde:

- $\hat{\beta}_{HR}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $(p-v)$  složek vypočtený hřebenovou regresí [-],
- $\mathbf{y}_{LTS}$  ..... vektor referenčních hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti o počtu  $r$  složek sestavený pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  [-],

$\mathbf{X}_{LTS}^{opt}$ ..... matice finálních hodnot vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku o rozměru  $[r \times (p - v)]$  sestavená pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese [-],

$\hat{h}$ ..... odhad konstanty hřebenové regrese  $h$  [-].

Po položení parciální derivace daného minimalizačního výrazu ve vzorci (107) rovno nule a následných matematických úpravách, které jsou popsány ve vzorci (37), lze vyjádřit optimální podobu vektoru  $\hat{\beta}_{HR}$  vzorcem (108).

$$\hat{\beta}_{HR} = \left( \mathbf{X}_{LTS}^{opt T} \mathbf{X}_{LTS}^{opt} + \hat{h} \mathbf{I} \right)^{-1} \mathbf{X}_{LTS}^{opt T} \mathbf{y}_{LTS} \quad (108)$$

kde:

$\hat{\beta}_{HR}$ ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $(p - v)$  složek vypočtený hřebenovou regresí [-],

$\mathbf{X}_{LTS}^{opt}$ ..... matice finálních hodnot vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku o rozměru  $[r \times (p - v)]$  sestavená pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese [-],

$\hat{h}$ ..... odhad konstanty hřebenové regrese  $h$  [-],

$\mathbf{I}$ ..... jednotková matice o rozměru  $(r \times r)$  [-],

$\mathbf{y}_{LTS}$ ..... vektor referenčních hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti o počtu  $r$  složek sestavený pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  [-].

Po sestavení vektoru  $\hat{\beta}_{HR}$  lze vypočítat výsledný vektor odhadů počtu spojů dopravní obslužnosti za definovanou časovou jednotku  $\hat{\mathbf{y}}_{HR}$ . Tento odhad je opět sestavován pro všech  $n$  sídelních jednotek, které byly na území regionu identifikovány a zahrnuty do modelu. Výpočet vektoru  $\hat{\mathbf{y}}_{HR}$  je představen ve vzorci (109).

$$\hat{\mathbf{y}}_{HR} = \mathbf{X}_{LTS}^{opt} \hat{\beta}_{HR} \quad (109)$$

kde:

$\hat{\mathbf{y}}_{HR}$ ..... vektor predikovaných hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti za definovanou časovou jednotku o počtu  $n$  složek zjištěný pomocí aproximační funkce nalezené hřebenovou regresí [-],

$\mathbf{X}^{\text{opt}}$  ..... matice finálních hodnot vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku o rozměru  $[n \times (p - v)]$  [-],

$\hat{\beta}_{HR}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $(p - v)$  složek vypočtený hřebenovou regresí [-].

Výsledná nematicová podoba modelu pro každou zahrnutou sídelní jednotku  $m$  nabývá podoby uvedené ve vzorci (110).

$$\hat{y}_{HR}^m = \hat{\beta}_0^{HR} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \notin V}}^k \hat{\beta}_j^{HR} \times x_j^m \quad (110)$$

kde:

$\hat{y}_{HR}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený hřebenovou regresí [-],

$\hat{\beta}_0^{HR}$  ..... odhad absolutního regresního parametru vypočtený hřebenovou regresí – teoretický počet spojů obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě nulové hodnoty všech  $k$  vstupů pro sídelní jednotku  $m$  [-],

$j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N}$  [-],

$V$  ..... množina proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku [-],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$\hat{\beta}_j^{HR}$  ..... odhad regresního parametru  $j$ -té nezávislé proměnné vypočtený hřebenovou regresí – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\hat{\beta}_0^{HR}$  obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_j^m$  je roven jedné [-],

$x_j^m$  ..... hodnota  $j$ -tého vstupu pro sídelní jednotku  $m$  [-].

Pro zjištění kvality odhadu a statistické významnosti odhadnutých hodnot je nezbytné vypočítat reziduum odhadu provedeného pomocí hřebenové regrese  $e_{HR}^m$ , pro každou zahrnutou sídelní jednotku  $m$  jej lze vypočítat dle vzorce (111).

$$e_{HR}^m = y^m - \hat{y}_{HR}^m \quad (111)$$

kde:

- $e_{HR}^m$  ..... chyba modelu vypočteného hřebenovou regresí pro sídelní jednotku  $m$  [-],
- $y^m$  ..... referenční hodnota počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku [-],
- $\hat{y}_{HR}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený hřebenovou regresí [-].

Vzorce (107), (110) a (111) představují výslednou podobu sestaveného matematicko-statistického modelu. Vzorec (110) reprezentuje výsledný odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku  $\hat{y}_{HR}^m$ , vzorec (111) zachycuje chybu modelu  $e_{HR}^m$  pro každou sledovanou sídelní jednotku  $m$  a vzorec (107) definuje minimalizační kritérium metody nejmenších čtverců pro sestavení odhadu parametrů  $\beta_j$  a tedy určení vlivu každého ze sledovaných parametrů.

Optimalizační přístup je založený na vícenásobné lineární regresí, avšak je přizpůsoben potřebě reflektovat skutečný stav jednotlivých faktorů determinujících rozsah dopravní obslužnosti v posuzovaném regionu. Zahrnuje v sobě dostatečně robustní regresní přístup, který zabrání zkreslení výsledného odhadu odlehlými pozorováními a zároveň odstraňuje nepříznivé vlivy multikolinearity jednotlivých vstupních proměnných modelu.

Vzhledem k výpočetní náročnosti iteračního výpočtu je vhodné k výpočtu minimalizačního kritéria využít statistický software, vhodným se jeví například R Project (R Core Team, 2018).

#### **4.2.5 Zhodnocení sestaveného modelu**

Sestavený model je nutno podrobit hodnocení, toto hodnocení má dvě složky. Zaprvé je třeba statisticky vyhodnotit věrohodnost modelu, tedy jeho schopnost věrně predikovat počet spojů veřejné hromadné dopravy v sídelní jednotce  $m$  za definovanou časovou jednotku, druhou složkou pak je kritické zhodnocení výsledků řešitelem a porovnání s empirickými znalostmi.

##### *Zhodnocení statistické významnosti modelu*

Statistické zhodnocení významnosti modelu lze provést s využitím metod představených v pododdílu 3.2.4 této práce. Tyto postupy jsou aplikovány na sestavené modely ve vzorcích (109) a (110) pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou .



Tradiční metodou hodnocení kvality statistického modelu je index determinace  $R^2$ , vzhledem k užití robustní regrese bude model vyhodnocen adjungovaným indexem determinace  $R_{adj,HR}^2$ , jeho výpočet pro hodnocení modelu je sestaven do vzorce (112).

$$R_{adj,HR}^2 = 1 - (1 - R_{HR}^2) \times \frac{n-1}{n-(k-v)} = 1 - \left(1 - \frac{S_T^{HR}}{S_C^{HR}}\right) \times \frac{n-1}{n-k+v} =$$

$$= 1 - \left[1 - \frac{\sum_{m=1}^n \left(\hat{y}_{HR}^m - \frac{\sum_{m=1}^n \hat{y}_{HR}^m}{n}\right)^2}{\sum_{m=1}^n \left(y^m - \frac{\sum_{m=1}^n y^m}{n}\right)^2}\right] \times \frac{n-1}{n-k+v} \quad (112)$$

kde:

$R_{adj,HR}^2$  ..... adjungovaný index determinace pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku po aplikaci hřebenové regrese [-],

$R_{HR}^2$  ..... index determinace pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku po aplikaci hřebenové regrese [-],

$n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$k$  ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$v$  ..... počet proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku,  $v \in \langle 1; k-1 \rangle \wedge v \in \mathbb{N}$  [-],

$S_T^{HR}$  ..... teoretický součet čtverců pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku po aplikaci hřebenové regrese [-],

$S_C^{HR}$  ..... celkový součet čtverců pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku po aplikaci hřebenové regrese [-],

$m$  ..... identifikátor konkrétní sídelní jednotky,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$ , kde  $n$  ( $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$ ) je počet sledovaných sídelních jednotek na vymezeném území regionu [-],

- $\hat{y}_{HR}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený hřebenovou regresí [-],
- $y^m$  ..... referenční hodnota počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku [-].

Adjungovaný index determinace  $R_{adj,HR}^2$  udává hodnotu, jakou část rozptylu vypočteného odhadu počtu spojů dopravní obslužnosti  $\hat{y}_{HR}^m$  v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku lze vysvětlit sestaveným regresním modelem. Maximální hodnota je 1, přičemž hodnoty nad 0,5 jsou v praxi považovány za přijatelné, nad 0,8 za velmi dobré. Obvykle jsou hodnoty udávány v procentech. Hodnota adjungovaného indexu determinace  $R_{adj,HR}^2$  je nižší po implementaci hřebenové regrese, je to důsledkem zahrnutí konstanty  $h$ , která odhad vychýlí, snížení vypovídací hodnoty modelu však vede k výraznému nárůstu stability.

Druhým ukazatelem, který je užít k statistické verifikaci regresního modelu, je celkový  $F$ -test.  $F$ -test rozhoduje mezi hypotézami  $H_0$  a  $H_A$ , kde nulová hypotéza  $H_0$  říká, že žádný z parametrů  $\beta_j^{LTS,\zeta_{opt}}$  nemá vliv na výslednou podobu vysvětlované proměnné, alternativní hypotéza  $H_A$  takovou interpretaci zamítá, stanovení hypotéz  $F$ -testu je znázorněno ve vzorci (113).

$$H_0: \beta_1^{LTS,\zeta_{opt}} = \beta_2^{LTS,\zeta_{opt}} = \dots = \beta_k^{LTS,\zeta_{opt}} = 0$$

$$H_A: \neg H_0, \text{ tedy } \exists \beta_j^{LTS,\zeta_{opt}} \neq 0 \quad (113)$$

kde:

- $H_0$  ..... nulová hypotéza,
- $\beta_1^{LTS,\zeta_{opt}}$  ..... dílčí regresní parametr nezávislé proměnné  $\mathbf{x}_1^{\zeta_{opt}}$  vypočtený metodou LTS robustní regrese pro kombinaci vstupů modelu  $\zeta_{opt}$  [-],
- $\beta_2^{LTS,\zeta_{opt}}$  ..... dílčí regresní parametr nezávislé proměnné  $\mathbf{x}_2^{\zeta_{opt}}$  vypočtený metodou LTS robustní regrese pro kombinaci vstupů modelu  $\zeta_{opt}$  [-],
- $\beta_k^{LTS,\zeta_{opt}}$  ..... dílčí regresní parametr nezávislé proměnné  $\mathbf{x}_k^{\zeta_{opt}}$  vypočtený metodou LTS robustní regrese pro kombinaci vstupů modelu  $\zeta_{opt}$  [-],
- $H_A$  ..... alternativní hypotéza,

$\beta_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  ..... dílčí regresní parametr nezávislé proměnné  $\mathbf{x}_j^{\zeta_{opt}}$  vypočtený metodou LTS robustní regrese pro kombinaci vstupů modelu  $\zeta_{opt}$  [-].

Při  $F$ -testu je vypočtené testovací kritérium porovnáváno s hodnotou  $F_{1-\alpha^F}(v_1^F, v_2^F)$  ze statistických tabulek Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti, toto rozdělení pravděpodobnosti má dva stupně volnosti, první z nich  $v_1^F$  je vypočten dle vzorce (114).

$$v_1^F = k - v - 1 \quad (114)$$

kde:

$v_1^F$  ..... první stupeň volnosti Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti [-],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$v$  ..... počet proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku,  $v \in \langle 1; k - 1 \rangle \wedge v \in \mathbb{N}$  [-].

Druhý stupeň volnosti Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti  $v_2^F$  je odvozen dle vzorce (115).

$$v_2^F = n - (k - v) = n - k + v \quad (115)$$

kde:

$v_2^F$  ..... druhý stupeň volnosti Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti [-],

$n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$k$  ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$v$  ..... počet proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku,  $v \in \langle 1; k - 1 \rangle \wedge v \in \mathbb{N}$  [-].

Dalším krokem pro odečtení hodnoty ze statistických tabulek Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti je určení hladiny spolehlivosti  $w$ , na níž je požadováno model verifikovat. Ta se do testu projevuje kvantilem pravděpodobnosti  $\alpha^F$ , který je vypočten vztahem ve vzorci (116).

$$\alpha^F = 1 - \frac{w}{100} \quad (116)$$

kde:

$\alpha^F$  ..... kvantil Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti [-],

$w$  ..... požadovaná hladina spolehlivosti [%].

Odečtení hodnoty  $F_{1-\alpha^F}(v_1^F, v_2^F)$  ze statistických tabulek Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti umožňuje sestavit kritický obor testovací statistiky  $W^F$ ,  $F$ -test pak spočívá v testování incidence testovacího kritéria  $F_{LTS, \zeta_{opt}}$  ve vztahu ke kritickému oboru  $W^F$ . Stanovení kritického oboru je definováno vzorcem (117).

$$W^F = \langle F_{1-\alpha^F}(v_1^F, v_2^F); \infty \rangle \quad (117)$$

kde:

$W^F$  ..... kritický obor hodnot testovací statistiky  $F$ -testu [-],

$F_{1-\alpha}(v_1^F, v_2^F)$  ..... hodnota odečtená ze statistických tabulek Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti pro hladinu spolehlivosti  $(1 - \alpha^F)$  a  $v_1^F, v_2^F$  stupňů volnosti [-].

Statistické tabulky Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti jsou volně dostupné na internetu a zároveň jsou běžnou součástí statistické literatury, například Hála a Jarušková (1999).

Výpočet testovací statistiky  $F$ -testu je představen ve vzorci (118).

$$F_{LTS, \zeta_{opt}} = \frac{\frac{S_T^{\zeta_{opt}}}{k - v - 1}}{\frac{S_R^{\zeta_{opt}}}{n - (k - v)}} = \frac{\frac{\sum_{m=1}^n (\hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m - \bar{\hat{y}})^2}{k - v - 1}}{\frac{\sum_{m=1}^n (y^m - \hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m)^2}{n - k + v}} = \frac{\sum_{m=1}^n \left( \hat{y}^m - \frac{\sum_{m=1}^n \hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m}{n} \right)^2}{\frac{\sum_{m=1}^n e_{LTS, \zeta_{opt}}^m{}^2}{n - k + v}} \quad (118)$$

kde:

$F_{LTS, \zeta_{opt}}$  ..... testovací statistika  $F$ -testu pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku sestavený pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese [-],

$S_T^{\zeta_{opt}}$  ..... teoretický součet čtverců pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku sestavený pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese [-],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$v$  ..... počet proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku,  $v \in \langle 1; k - 1 \rangle \wedge v \in \mathbb{N}$  [-],

- $S_R^{\zeta_{opt}}$  ..... reziduální součet čtverců pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku sestavený pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese [-],
- $n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],
- $m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],
- $\hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený metodou LTS robustní regrese pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku [-],
- $\bar{y}$  ..... průměrná predikovaná hodnota pro všech  $n$  referenčních hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku [-],
- $y^m$  ..... referenční hodnota počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku [-],
- $e_{LLTS, \zeta_{opt}}^m$  ..... chyba modelu vypočteného metodou LTS robustní regrese pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku [-].

V návaznosti na tento výpočet lze provést testování incidence, proces testování je popsán ve vzorci (119).

$$\begin{aligned}
 F_{LTS, \zeta_{opt}} \in W^F &\Rightarrow \text{platí } H_A \Rightarrow \text{model je věrohodný} \\
 F_{LTS, \zeta_{opt}} \notin W^F &\Rightarrow \text{platí } H_0 \Rightarrow \text{model není věrohodný}
 \end{aligned}
 \tag{119}$$

kde:

- $F_{LTS, \zeta_{opt}}$  ..... testovací statistika  $F$ -testu pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku sestavený pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese [-],

$W^F$  ..... kritický obor hodnot testovací statistiky  $F$ -testu [-],

$H_A$  ..... alternativní hypotéza,

$H_0$  ..... nulová hypotéza.

Jestliže je přijata alternativní hypotéza  $H_A$ , pak je model statisticky věrohodný, pokud přijata není, model je zamítnut. V případě zamítnutí modelu je třeba znovu zhodnotit všechny vstupy modelu a logické vazby mezi nimi a pokusit se najít opomenuté vazby a příčiny, které vedly k zamítnutí modelu.

Adjungovaným indexem determinace  $R_{adj,HR}^2$  byl vyhodnocen finální vstup do hřebenové regrese. Implementace hřebenové regrese však neumožňuje následné využití  $F$ -testu, protože vychyluje odhad, avšak zároveň umožňuje přijetí celého modelu a jeho schopnost predikce, která by jinak byla multikolinearitou výrazně zkreslena. Hřebenová regrese je sestavena na základě kritéria  $GCV$ , které pracuje na principu křížové validace a vybírá takový model, který je nejlépe schopen predikovat hodnoty odhadů pro body, které nebyly součástí dat pozorování. Hřebenová regrese do modelu zanáší zkreslení, které reprezentuje vychýlení odhadu oproti původním hodnotám, zkreslení  $\eta$  lze vyjádřit vzorcem (120).

$$\eta = -\hat{h} \left( \mathbf{X}_{LTS}^{optT} \mathbf{X}_{LTS}^{opt} + \hat{h}\mathbf{I} \right)^{-1} \hat{\boldsymbol{\beta}}_{HR} \quad (120)$$

kde:

$\eta$  ..... zkreslení (vychýlenost) oproti původnímu odhadu získanému lineární regresi [-],

$\hat{h}$  ..... odhad konstanty hřebenové regrese [-],

$\mathbf{X}_{LTS}^{opt}$  ..... matice finálních hodnot vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku o rozměru  $[r \times (p - v)]$  sestavená pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese [-],

$\mathbf{I}$  ..... jednotková matice o rozměru  $(r \times r)$  [-],

$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{HR}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $(p - v)$  složek vypočtený hřebenovou regresi [-].

### *Kritické zhodnocení výsledků modelu*

Na statistické zhodnocení je vhodné navázat kritickým zhodnocením získaných výsledků. Posouzení souladu s očekáváními a logické nesrovnalosti plynoucí ze znalosti daného regionu je třeba zhodnotit. Logické hodnocení by se mělo zaměřit na zamyšlení nad reálností dopadu jednotlivých faktorů, zda je jejich dopad, alespoň v poloze kladný

či záporný, v souladu s původními předpoklady řešitele. Identifikované odlišnosti je třeba vyhodnotit.

Je možné, že do modelu nebyla zařazena proměnná, která má u vybraných sídelních jednotek  $m$  vliv na výsledný rozsah dopravní obslužnosti, což lze odhalit hledáním společných vlastností těchto sídelních jednotek, kde se odhad modelu nejvíce liší od posuzovaných hodnot, typicky u odlehlých pozorování. Na základě tohoto pozorování lze identifikovat další faktor, který byl v původní zahrnuté sadě zanedbán, vhodným postupem jej transformovat na vstup modelu a postupovat znovu od pododdílu 4.2.3 už s tímto doplněným faktorem. Tento případný zásah je reflektován již v tabulce Tabulka 2 na straně 113 této práce, kde je takový vstup uveden jako  $j = 25$ .

Jestliže řešitel dospěje k názoru, že model není logicky v pořádku a vyloučí možnost chyby při postupu jeho sestavování, je třeba upravit vstupy, prověřit hodnoty, které do modelu vstoupily, případně identifikovat jiné vazby mezi nimi. V extrémním případě je možné i model odmítnout.

#### 4.2.6 Interpretace výsledků

Finálním krokem postupu je interpretace výsledků získaných sestaveným modelem. Slovní interpretace je nezbytnou součástí metodiky vedoucí k pochopení principů regresního modelu.

Model udává obecný vztah pro odhad počtu spojů veřejné hromadné dopravy v každé sídelní jednotce  $m$  a dále pak již konkrétní odhad počtu spojů dopravní obslužnosti za časovou jednotku pro každou sídelní jednotku  $\hat{y}_{HR,opt}^m$ . Míru vlivu  $\Omega_j^m$  jednotlivých zahrnutých vstupů na odhad počtu spojů veřejné hromadné dopravy v sídelní jednotce  $m$  za definovanou časovou jednotku lze pak jednoduše odvodit dle vzorce (121).

$$\Omega_j^m = \frac{\hat{y}_{HR,j}^m}{\hat{y}_{HR}^m} = \frac{\hat{\beta}_j^{HR} \times x_j^m}{\hat{y}_{HR}^m} \quad (121)$$

kde:

$\Omega_j^m$  ..... míra vlivu  $j$ -té nezávislé vstupní proměnné na odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený hřebenovou regresí sestavenou pro proměnné, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku [-],

$\hat{y}_{HR,j}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vyvolaný  $j$ -tou vstupní

nezávislou proměnnou vypočtený hřebenovou regresí sestavenou pro proměnné, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku [-],

$\hat{y}_{HR}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený hřebenovou regresí sestavenou pro proměnné, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku [-],

$\hat{\beta}_j^{HR,opt}$  ..... odhad regresního parametru  $j$ -té nezávislé proměnné vypočtený hřebenovou regresí pro proměnné, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\hat{\beta}_0^{HR,opt}$  obsluhujících sídelní jednotku za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_j^m$  je roven jedné [-],

$x_j^m$  ..... hodnota  $j$ -tého vstupu pro sídelní jednotku  $m$  [-].

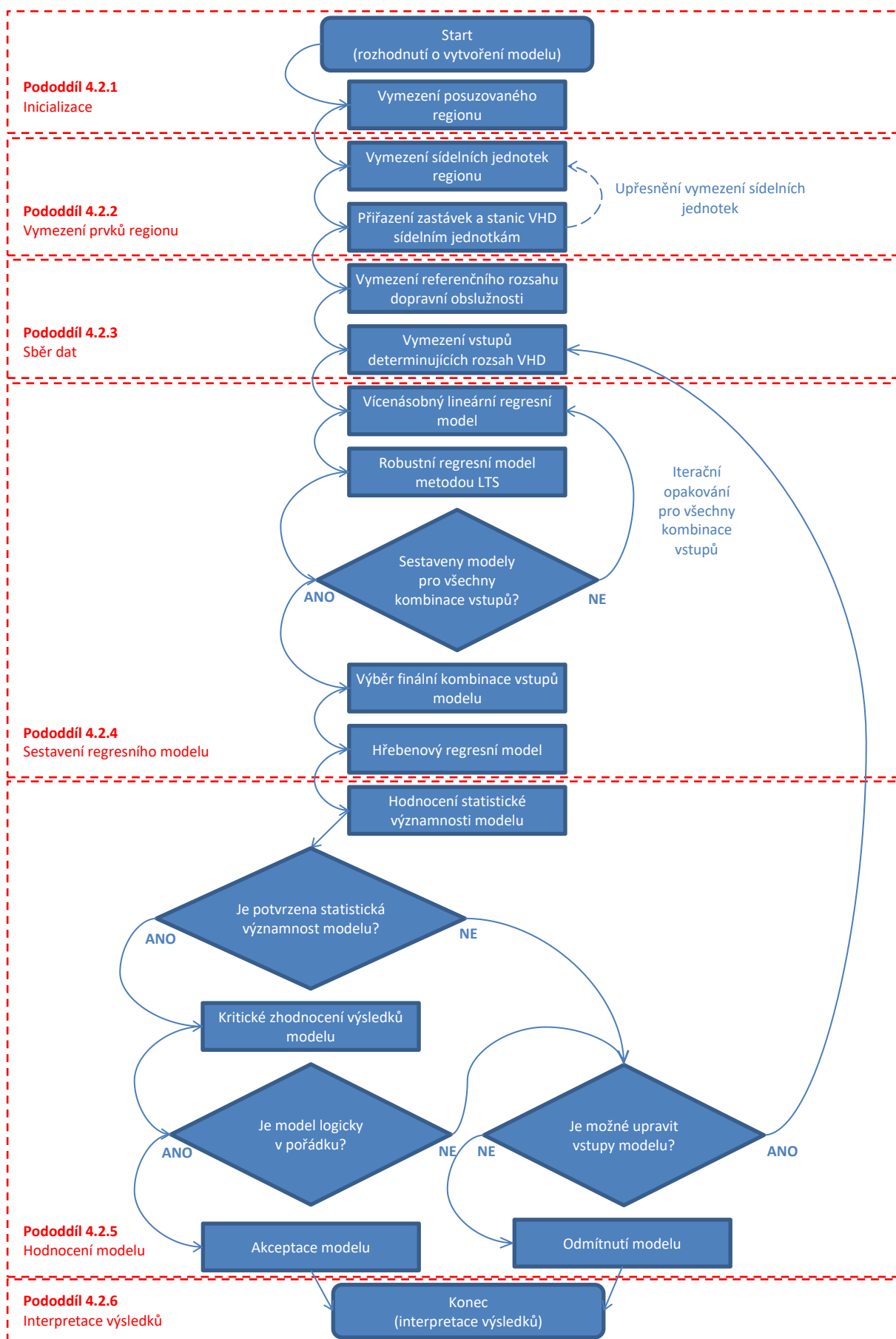
Porovnáním s posuzovaným referenčním stavem lze vypočíst pro každou sídelní jednotku  $m$  odchylku odhadu od referenčního stavu  $e_{HR}^m$ .

Interpretace výsledků modelu musí zahrnout popis a zdůvodnění výraznějších odchylek referenčního stavu od stavu namodelovaného. Výstupem interpretace může být i záměr na optimalizaci modelu.

#### 4.2.7 Schématické znázornění metodiky

Schématické znázornění metodiky hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách regionu s využitím matematicko-statistického modelu k odvození predikovaného počtu spojů veřejné hromadné dopravy je zpracováno do obrázku Obrázek 4. Toto schéma zachycuje základní kroky metodiky, nejedná se o komplexní zachycení všech činností, pouze o přehled zásadních bodů, rozhodovacích kroků a vazeb mezi nimi. Ve schématu je znázorněna vazba na jednotlivé pododdíly oddílu 3.2 této práce, kde jsou jednotlivé bloky detailně popsány.





Obrázek 4 Schématické znázornění metodiky (autor)



#### **4.3.1 Inicializace – rozhodnutí o sestavení modelu**

Prvotním rozhodnutím, které je třeba učinit, je volba regionu, jehož data budou užita jako vstup do metodiky a jehož rozsah dopravní obslužnosti bude sestaveným modelem posouzen. Jedná se o okres Ústí nad Labem v Ústeckém kraji. Region je přesně vymezen Českým statistickým úřadem jako územní jednotka CZ0427 okres Ústí nad Labem na úrovni místní správní jednotky LAU 1 (ČSÚ, 2018). Mapa analyzovaného okresu s vyznačením struktury dopravní infrastruktury je vyobrazena na obrázku Obrázek 5. Z mapy je dále patrná poloha zčásti na státní hranici se Spolkovou republikou Německo na severní hranici okresu, vnitrostátní hranice okresu pak sousedí s okresy Děčín, Litoměřice a Teplice, vše na území Ústeckého kraje. V mapě je zároveň patrné území velkoplošných chráněných přírodních oblastí zasahující na výraznou část území okresu, v tomto případě Chráněná krajinná oblast České středohoří a na severovýchodě okresu v oblasti severně od červeně vyznačené silnice I/13 pak Chráněná krajinná oblast Labské pískovce.

#### **4.3.2 Vymezení sídelních jednotek a přiřazení zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy**

V této fázi metodiky jsou identifikovány sídelní jednotky na území okresu Ústí nad Labem, je zohledněna jejich provázanost z pohledu dopravní obslužnosti, následně je na území těchto sídelních jednotek sestaven přehled zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy s přihlédnutím k docházkovým vzdálenostem a skutečnému významu konkrétních zastávek a stanice veřejné hromadné dopravy pro dopravní obslužnost sídelních jednotek. Za docházkovou vzdálenost rozhodnou pro význam dané zastávky či stanice veřejné hromadné dopravy pro danou sídelní jednotku byl určen 1 km.

#### *Vymezení sídelních jednotek a jejich území*

Při vymezení sídelních jednotek na území analyzovaného regionu autor vychází ze struktury základních sídelních jednotek, jak ji pro okres Ústí nad Labem eviduje Český statistický úřad. Tato evidence udává 207 základních sídelních jednotek, případně částí obce nedělených dále na základní sídelní jednotky, přičemž z tohoto počtu jich je 97 evidováno na území okresního města Ústí nad Labem (ČSÚ, 2013b). Při sestavování struktury sídelních jednotek *m* pro model, stejně jako u dalších postupů metodiky využívajících mapové podklady dále v textu, byl využit mapový portál Mapy.cz (Seznam.cz, 2019).

Ze sídelní jednotky 55480 4 Ústí nad Labem byly vyčleněny ty části obce, které sice jsou součástí města Ústí nad Labem, ale nejsou součástí souvislé městské zástavby a mezi

nimi a městskou zástavbou je proluka minimálně 1 km, jedná se o sídelní jednotky, jejichž přehled je sestaven v tabulce Tabulka 4.

**Tabulka 4** Části obce Ústí nad Labem, které jsou vyčleněny mimo sídelní jednotku Ústí nad Labem z pohledu modelu

Identifikátor jednotky <i>m</i> pro model	Identifikace v evidenci ČSÚ	Název sídelní jednotky
Nemá, viz Tabulka 6.	14641 2	Církvice
27	09068 9	Kojetice
Nemá, viz Tabulka 6.	15981 6	Olešnice
68	14642 1	Sebuzín
74	03644 7	Strážky
77	15983 2	Svádov

Zdroj: autor, ČSÚ (2013)

Základní sídelní jednotky a části obce bez osídlení nejsou do modelu zahrnuty, jedná se obvykle o zaniklé obce, v posuzovaném regionu převážně vysídlené z důvodu povrchové těžby, a dále o dříve osídlené oblasti přilehlé k městu Ústí nad Labem, obvykle v blízkosti průmyslových čtvrtí, případně v hůře dostupném terénu. Přehled z tohoto důvodu nezahrnutých sídelních jednotek v okrese Ústí nad Labem je zpracován v tabulce Tabulka 5.

**Tabulka 5** Základní sídelní jednotky na území okresu Ústí nad Labem bez osídlení, které nejsou zahrnuty do modelu

Identifikace v evidenci ČSÚ	Název jednotky	Nadřazená jednotka do modelu zahrnutá
18763 1 0	Zalužany	Chabařovice
07397 1 0	Větrov	Krásný Les
17589 7 0	Kamenice-Dělouš	Strážky / Ústí nad Labem <sup>3</sup>
08643 6 0	Lochočice	Řehlovice
31817 5 0	Svahy	Trmice / Ústí nad Labem <sup>4</sup>
17496 3 0	U Bíliny	Ústí nad Labem
31192 8 0	Vaňov-Skály	Ústí nad Labem
17136 1 0	Tuchomyšl	Ústí nad Labem
30340 2 0	Kalová pole	Ústí nad Labem
31915 5 0	Střížovický vrch III	Ústí nad Labem
31193 6 0	Brná-Čertova jizba	Ústí nad Labem
32949 5 0	Nad Brnou	Ústí nad Labem
17524 2 0	Střekov-nad hradem	Ústí nad Labem

Zdroj: autor, ČSÚ (2013b)

<sup>3</sup> Základní sídelní jednotka Kamenice-Dělouš spadá pod část obce Strážky, která je administrativní součástí statutárního města Ústí nad Labem. Část obce Strážky byla v modelu ze sídelní jednotky Ústí nad Labem vyjmuta, blíže viz Tabulka 4.

<sup>4</sup> Svahy jsou součástí města Trmice, které bylo pro účely modelu sloučeno s jednotkou Ústí nad Labem.

Přehled základních sídelních jednotek a částí obcí, které byly sloučeny, protože z pohledu dopravní obslužnosti představují jeden funkční celek, je sestaven v tabulce Tabulka 6. V převážné většině jsou včleňované základní sídelní jednotky či části obce pouze malá sídla s nízkým počtem obyvatel do 50 osob, výjimkou je sídelní jednotka Trmice s 2.517 obyvateli. Přestože se jedná v současnosti o samostatné město, dříve byly Trmice součástí Ústí nad Labem a dodnes jsou města prakticky spojena souvislou zástavbou.

**Tabulka 6** Přehled základních sídelních jednotek a částí obcí, které byly sloučeny do jedné sídelní jednotky z pohledu modelu

Základní sídelní jednotka či část obce zahrnutá do modelu			Základní sídelní jednotka či část obce do sídelní jednotky <i>m</i> včleněná	
Identifikátor jednotky <i>m</i>	Identifikace v evidenci ČSÚ	Název jednotky	Identifikace v evidenci ČSÚ	Název jednotky
9	16513 1	Čeřeniště	04171 8	Babiny I
19	16514 0	Horní Zálezly	04164 5	Byňov
23	05473 9 0	Chudarov	32382 9 0	Kozí Stráň
30	09047 8 0	Leština	09047 6 0	Vitín
66	14503 3	Řehlovice	14502 5	Hlíňany
68	14642 1	Sebuzín	14641 2	Církvice
76	04170 0	Suletice	41490 5	Babiny II
77	15983 2 0	Svádov	15981 6	Olešnice
77	15983 2 0	Svádov	15982 4 0	Olšinky
80	16572 7 0	Telnice	16571 9	Liboňov
81	16711 8 0	Tisá	12008 1 0	Antonínov
84	55480 4	Ústí nad Labem	02328 1	Střížovice
84	55480 4	Ústí nad Labem	17497 1	Trmice
84	55480 4	Ústí nad Labem	07103 0	Újezd
85	17672 9 0	Valtířov	17671 1 0	Osada
87	17868 3 0	Velké Březno	17869 1 0	Vítov

Zdroj: autor, ČSÚ (2013)

Po analýze jednotlivých sídelních jednotek a sloučení sídelních jednotek tvořících jeden funkční celek z pohledu dopravní obslužnosti bylo sestaveno 95 sídelních jednotek *m*, které jsou zařazeny do modelu. Jejich úplný přehled je sestaven v Příloze A této práce. Z tohoto počtu bylo z důvodu přehlednosti zvoleno 15 sídelních jednotek *m*, na nichž bude demonstrována metodika v těle práce, údaje pro ostatní sídelní jednotky *m* budou sestaveny pouze v přílohách. Přehled sídelních jednotek *m*, jejichž údaje budou sestaveny přímo v těle práce, je uveden v tabulce Tabulka 7.

**Tabulka 7** Přehled sídelních jednotek  $m$ , jejichž hodnoty regresního modelu budou uvedeny přímo v kapitole 4

Identifikátor jednotky $m$	Název sídelní jednotky	Identifikace v evidenci ČSÚ
2	Arnultovice	08838 2
9	Čeřeniště	16513 1
11	Český Újezd	02327 2
12	Dolní Zálezly	56793 1
14	Dubice	03349 9
26	Knínice	19515 4
32	Libouheč	08341 1 0
37	Lysá	12677 2 0
52	Ostrov	16709 6 0
53	Petrovice	12009 0
66	Řehlovice	14503 3 0
67	Řetouň	14406 1
68	Sebuzín	14642 1
80	Telnice	16572 7 0
84	Ústí nad Labem	55480 4

Zdroj: autor, ČSÚ (2013b)

Území jednotlivých sídelních jednotek  $m$  bylo vymezeno dle katastrální mapy ČR s využitím Geoportálu ČÚZK (Český úřad zeměměřický a katastrální, 2019).

#### *Přiřazení zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy sídelním jednotkám*

Zastávky a stanice veřejné hromadné dopravy na území okresu Ústí nad Labem byly přiřazeny jednotlivým sídelním jednotkám  $m$  dle katastrálního území, detailnější členění dle názvu zastávky či stanice ve vztahu k části obce či sídelní jednotce, případně dle polohy zastávky či stanice na území sídelní jednotky  $m$ , na kterém se nachází, s následujícími výjimkami (CHAPS a Ministerstvo dopravy ČR, 2019):

- Autobusová zastávka Homole u Panny, „rozc. Doubravice na lince 592451 byla přiřazena sídelní jednotce  $m = 13$ : Doubravice. Zastávka se nachází přibližně 1 km od této sídelní jednotky.
- Autobusová zastávka Chabařovice, „Besta na lince 592458 byla přiřazena sídelní jednotce  $m = 58$ : Přestanov. Zastávka se nachází přibližně 200 m od této sídelní jednotky.
- Autobusová zastávka Malečov, „odb. na lince 592453 byla přiřazena sídelní jednotce  $m = 27$  Kojetice. Zastávka se nachází přibližně 800 m od této sídelní jednotky.



- Autobusová zastávka Malečov,Rýdeč,odb.Lhota pod Pannou na lince 592453 byla přiřazena sídelní jednotce  $m = 67$ : Řetouň. Zastávka se nachází přibližně 750 m od této sídelní jednotky.
- Autobusová zastávka Řehlovice,Stadice,Pelikánův mlýn na lince 592457 byla přiřazena sídelní jednotce  $m = 15$ : Habrovany. Zastávka se nachází přibližně 800 m od této sídelní jednotky.
- Autobusová zastávka Tašov,,ovčárna na lince 592453 byla přiřazena sídelní jednotce  $m = 64$ : Rýdeč. Zastávka se nachází přibližně 750 m od této sídelní jednotky.
- Autobusová zastávka Ústí n.L.,,Kojetická na lince 595009 byla přiřazena sídelní jednotce  $m = 27$ : Kojetice. Zastávka se nachází přibližně 200 m od této sídelní jednotky.
- Autobusová zastávka Ústí n.L.,Všebořice,U Českého Újezdu na linkách 582488, 592451 a 595011 byla přiřazena sídelní jednotce  $m = 19$ : Český Újezd. Zastávka se nachází přibližně 850 m od této sídelní jednotky.
- Železniční stanice Chabařovice na železniční trati č. 130 byla přiřazena sídelní jednotce  $m = 58$ : Přestanov. Stanice se nachází přibližně 1 km od této sídelní jednotky.<sup>5</sup>

Sídelním jednotkám  $m$  uvedeným v tabulce Tabulka 8 nebyly přiřazeny žádné zastávky či stanice veřejné hromadné dopravy, protože se nenacházely v určené docházkové vzdálenosti 1 km od dané sídelní jednotky. Dále sídelním jednotkám  $m = 1$  Adolfov a  $m = 46$  Nakléřov byly přiřazeny autobusové zastávky, nicméně obě jsou obsluhovány pouze sezónními víkendovými linkami cyklobusu 595020 a 595021 (CHAPS a Ministerstvo dopravy ČR, 2019).

**Tabulka 8** Sídelní jednotky  $m$  modelu, kterým nebyly přiřazeny žádné zastávky či stanice veřejné hromadné dopravy

Identifikátor jednotky $m$ ve statistickém modelu	Název sídelní jednotky
4	Blansko
7	Budov
41	Mašovice
45	Moravany
47	Němčí
52	Ostrov
61	Rájec

Zdroj: autor

<sup>5</sup> V současnosti však není tato železniční stanice obsluhována žádnými vlaky.

Autobusová zastávka Chabařovice,Roudníky,dílno se nenachází v docházkové vzdálenosti žádné sledované sídelní jednotky  $m$  a proto nebyla do modelu zahrnuta, stejně tak železniční stanice Radejčín na trati 097 (Lovosice – Teplice v Čechách) a k ní přilehlá autobusová zastávka Řehlovice,Radejčín,žel.st se nachází ve vzdálenosti přibližně 1,4 km od obce Radejčín, což přesahuje vytyčenou docházkovou vzdálenost.

Přehled zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy přiřazených sídelním jednotkám vymezeným v tabulce Tabulka 7 s výjimkou sídelní jednotky  $m = 84$  Ústí nad Labem je sestaven do tabulky Tabulka 9. Přehled přiřazení zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy všem  $n$  zahrnutým sídelním jednotkám  $m$  je sestaven v Příloze B této práce.

**Tabulka 9** Přiřazení zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy vybraným sídelním jednotkám  $m$

Identifikátor $m$	Sídelní jednotka	Zastávky autobusové dopravy	Zastávky a stanice železniční dopravy
2	Arnultovice	Velké Chvojno,Arnultovice	---
9	Čeřeniště	Malečov,Čeřeniště	---
11	Český Újezd	Ústí n.L.,Všebořice,U Českého Újezdu	---
12	Dolní Zálezly	Dolní Zálezly	Dolní Zálezly
14	Dubice	Řehlovice,Dubice; Řehlovice,Dubice,Dubičky	---
26	Knínice	Libouchec,Knínice,rozc.1.0	---
32	Libouchec	Libouchec,,kino; Libouchec,,ObÚ; Libouchec,,rozc.; Libouchec,,u Hájků	Kamenec; Libouchec
37	Lysá	Povrly,Lysá,rozc.	---
52	Ostrov	---	---
53	Petrovice	Petrovice,konečná; Petrovice,,rozc.Krásný Les; Petrovice,,škola; Petrovice,,u dubu; Petrovice,,u Marvanů; Petrovice,,zav.	---
66	Řehlovice	Řehlovice; Řehlovice,,Lány dolní; Řehlovice,Hlíňany	Řehlovice
67	Řetouň	Malečov,Rýdeč,odb.Lhota pod Pannou	---
68	Sebuzín	Ústí n.L.,Církvice; Ústí n.L.,Sebuzín; Ústí n.L.,Sebuzín,přívoz; Ústí n.L.,Sebuzín,rozc.; Ústí n.L.,Sebuzín,žel.st.	Sebuzín
80	Telnice	Telnice,,háj.; Telnice,,rozc.Krásný Les; Telnice,,Lesní zámeček; Telnice,,žel.st.	Telnice
84	Ústí nad Labem	Přehled uveden v Příloze B	

Zdroj: autor

Na území okresu se nachází pravidelně provozované přívozy Povrly – Velké Březno, Svádov – Neštětice a Dolní Zálezly – Církvice a lodní linky 901 Ústí nad Labem – Litoměřice – Roudnice nad Labem a 902 Ústí nad Labem – Hřensko – Bad Schandau organizované v rámci IDS Doprava Ústeckého kraje, jejich provoz je však pouze sezónní,



proto nejsou zahrnuty do modelu (Ústecký kraj, 2019). Lanová dráha 901<sup>6</sup> Ústí nad Labem, „Forum – Ústí nad Labem, Větruše byla do modelu zahrnuta (Dopravní podnik města Ústí nad Labem, 2019).

### 4.3.3 *Sběr dat*

V dalším kroku metodiky jsou sestavena všechna vstupní data modelu v potřebné struktuře. Jedná se o časově nejnáročnější krok metodiky. V první fázi dojde k analýze jízdních řádů všech autobusových linek a železničních tratí, které obsluhují zastávky či stanice veřejné hromadné dopravy, které byly v předchozím kroku přiřazeny jednotlivým sídelním jednotkám  $m$  na území okresu Ústí nad Labem. Ve druhé fázi budou sestaveny všechny vstupy, které reprezentují faktory, u nichž existuje předpoklad, že determinují rozsah dopravní obslužnosti v posuzovaných sídelních jednotkách  $m$ .

#### *Posuzovaný rozsah dopravní obslužnosti*

Referenčním rozsahem dopravní obslužnosti, který bude v rámci této disertační práce posuzován, bude skutečně realizovaný rozsah dopravní obslužnosti veřejnou linkovou autobusovou, veřejnou drážní dopravou a lanovou dráhou Forum – Větruše k 1. 8. 2019. Všechny jízdní řády jsou posuzovány v bezvýlukovém stavu. Za posuzovanou časovou jednotku byl určen jeden pracovní den v průběhu školního roku.

Pro všechny posuzované sídelní jednotky  $m$  jsou vypočteny vztahy uvedené ve vzorcích (68), (69) a (70). Přehled referenčních hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti ve všech  $n$  sídelních jednotkách definovaných na území okresu Ústí nad Labem je sestaven v Příloze A této práce. Referenční počty spojů pro všechny sídelní jednotky  $m$  ve struktuře dle jednotlivých linek veřejné linkové autobusové dopravy, tratí veřejné drážní dopravy a lanové dráhy jsou sestaveny v Příloze C této práce.

Výsledný počet spojů dopravní obslužnosti za jeden pracovní den pro 15 vybraných sídelních jednotek  $m$ , které byly zvolena v tabulce Tabulka 7, je sestaven v tabulce Tabulka 10. Mezi zvolené jednotky byla záměrně vybrána sídelní jednotka  $m = 52$  Ostrov, které nebyla přiřazena žádná zastávka či stanice veřejné hromadné dopravy, a tedy sídelní jednotce není přiřazen žádný spoj veřejné hromadné dopravy. Současně s tím je vybrána i sídelní jednotka  $m = 84$  Ústí nad Labem, ve které je v celém okresu nejvyšší počet spojů veřejné hromadné dopravy.

---

<sup>6</sup> Lanová dráha je označována jako linka 901 MHD Ústí nad Labem, jedná se tedy o totožné číslo, kterým je v IDS Doprava Ústeckého kraje označována lodní linka Ústí nad Labem – Litoměřice – Roudnice nad Labem.

**Tabulka 10** Referenční počet spojů v sídelní jednotce  $y^m$ 

Identifikátor jednotky $m$	Název sídelní jednotky	Referenční počet spojů $y^m$
2	Arnultovice	25,0
9	Čeřiňšty	5,0
11	Český Újezd	130,0
12	Dolní Zálezly	46,0
14	Dubice	18,0
26	Knínice	42,0
32	Libouchec	113,0
37	Lysá	4,0
52	Ostrov	0,0
53	Petrovice	40,0
66	Řehlovice	44,0
67	Řetouň	12,0
68	Sebuzín	68,0
80	Telnice	29,0
84	Ústí nad Labem	2498,4 <sup>7</sup>

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2019), CHAPS a Ministerstvo dopravy ČR (2019), SŽDC (2019a)

#### *Vstupy odvozené od faktorů determinujících rozsah dopravní obslužnosti*

V tomto kroku jsou odvozeny všechny vstupy reprezentující nezávisle proměnné  $x_j^m$  pro každou sídelní jednotku  $m$ . Vybrané vstupy jsou sestaveny variantně s různými hodnotami proměnných  $\zeta$ , které reprezentují limitní hodnoty ovlivňující konkrétní podoby vstupů modelu.

První zahrnutou nezávisle proměnnou  $x_1$  je **počet obyvatel sídelní jednotky  $m$** . Tento počet je určen jako součet všech počtů obyvatel základních sídelních jednotek či částí obce, které byly do dané sídelní jednotky  $m$  v předchozím kroku metodiky zahrnuty. Počty obyvatel v daných základních jednotkách a částech obce jsou získány ze Statistického lexikonu obcí Českého statistického úřadu (ČSÚ, 2013). Ze stejného zdroje ČSÚ (2013) jsou získány i informace o **podílu žen** na počtu obyvatel ( $x_2$ ), **podílu ekonomicky aktivního obyvatelstva** na počtu obyvatel ( $x_3$ ) a **míra nezaměstnanosti** ( $x_4$ ).

Informace o obchodních společnostech a jejich rozmístění na území okresu Ústí nad Labem se autorovi nepodařilo získat v patřičném členění. Z důvodu absence vhodně strukturovaných dostupných dat tedy v modelu nejsou zpracovány informace reflektující počty pracovních míst v jednotlivých sídelních jednotkách  $m$ .

<sup>7</sup> Desetinné číslo v referenčním počtu spojů veřejné hromadné dopravy u sídelní jednotky  $m = 84$  Ústí nad Labem je dáno vlaky Os 6418 a Os 6859, které jsou v úseku trasy obsluhujícím Ústí nad Labem v posuzovaném časovém období pouze v pátek. Za každý z nich je tedy započítán podíl 0,2.

Seznam základních škol na území okresu Ústí nad Labem, který byl základní informační bází pro sestavení nezávisle proměnné  $x_5$  udávající **počet základních škol** na území sídelní jednotky  $m$  byl získán z Rejstříku škol a školských zařízení (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR, 2018a), stejný zdroj uvádí, že edukační instituce na úrovni C dle klasifikace Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy, tedy střední školy, se nachází pouze na území sídelní jednotky  $m = 84$  Ústí nad Labem, stejná situace nastává u vysokoškolských zařízení (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR, 2018a, 2018b). Z tohoto důvodu nejsou do modelu zahrnuty.

Přehled hodnot vstupních proměnných  $x_1$  až  $x_5$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$  je uveden v tabulce Tabulka 11.

**Tabulka 11** Přehled hodnot vstupních proměnných  $x_1$  až  $x_5$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$

$m$	Název sídelní jednotky	Počet obyvatel $x_1^m$	Podíl žen $x_2^m$	Podíl EAO $x_3^m$	Míra nezaměstnanosti $x_4^m$	Počet základních škol $x_5^m$
2	Arnultovice	70	43 %	46 %	13 %	0
9	Čeřeniště	65	45 %	49 %	16 %	0
11	Český Újezd	73	53 %	52 %	8 %	0
12	Dolní Zálezly	545	49 %	44 %	10 %	0
14	Dubice	261	48 %	48 %	8 %	0
26	Knínice	48	42 %	44 %	14 %	0
32	Libouchec	1.575	49 %	49 %	14 %	1
37	Lysá	8	50 %	63 %	20 %	0
52	Ostrov	10	50 %	70 %	14 %	0
53	Petrovice	712	48 %	49 %	12 %	1
66	Řehlovice	437	53 %	46 %	11 %	1
67	Řetouň	23	52 %	48 %	0 %	0
68	Sebuzín	628	49 %	45 %	12 %	0
80	Telnice	273	49 %	46 %	12 %	0
84	Ústí nad Labem	95.988	52 %	46 %	14 %	25

Zdroj: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR (2018a), ČSÚ (2013)

Informace o **hustotě osídlení v blízkém okolí** posuzované sídelní jednotky  $m$  je v souladu s poznatky uvedenými v pododdílu 4.1.2 na straně 109 této práce aproximována počtem sídelních jednotek s vyšším počtem osob než jsou definované limitní hodnoty  $A$  a  $D$  pro stratifikaci, blízké okolí je vymezeno limitní vzdáleností  $B$ .

Limitní hodnoty  $A$ ,  $B$  a  $D$  budou zadány variantně, budou pro ně sestaveny jednotlivé kombinace hodnot vstupů  $i$  a bude vyhodnocena jejich statistická významnost s cílem najít jejich takovou kombinaci, která nejvíce přispívá k vysvětlení rozptylu odhadu modelem. Hodnoty  $A$  a  $D$  budou posuzovány v rozsahu od 2.000 do 5.000 obyvatel s krokem 1.000.

Přehled sídel s počtem obyvatel vyšším než 2.000 obyvatel na území posuzovaného regionu a jeho blízkém okolí do limitní vzdálenosti  $B$  od hranice okresu je sestaven do tabulky Tabulka 12. Limitní hodnota  $B$  bude posuzována v rozsahu 3 až 5 km s krokem 1 km.

**Tabulka 12** Přehled sídel s počtem obyvatel vyšším než 2.000 obyvatel na území posuzovaného regionu a jeho blízkém okolí

Identifikátor LAU2	Název sídla	Počet obyvatel	Poznámka
568007	Chabařovice	2.518	
568015	Chlumeck	4.380	
562564	Jílové	5.147	okres Děčín
567639	Krupka	12.624	okres Teplice
568155	Povrly	2.199	
567442	Teplice	49.575	okres Teplice
553697	Trmice	3.332	
554804	Ústí nad Labem	92.952	
568350	Velké Březno	2.275	

Zdroj: ČSÚ (2019b)

V tomto měření je vyhodnocována letecká vzdálenost, nikoliv vzdálenost s využitím sítě pozemních komunikací, jedná se o vyhodnocení hustoty osídlení v blízkém okolí sídelní jednotky  $m$ , nikoliv o dojížděkovou vzdálenost. Ve vztahu k v textu práce uváděným sídelním jednotkám  $m$  je přehled sídel překračujících populační velikosti 2.000 obyvatel ve sledované vzdálenosti do 5 km sestaven do tabulky Tabulka 13.

**Tabulka 13** Sídla o populační velikosti nad 2.000 obyvatel ve vzdálenosti do 5 km od sledovaných sídelních jednotek  $m$

Identifikátor $m$	Název sídelní jednotky	Sídlo nad 2.000 obyvatel	Vzdálenost od sídelní jednotky $m$
11	Český Újezd	Chabařovice	2,0 km
		Chlumeck	2,5 km
		Trmice	4,5 km
32	Liboucheč	Jílové	4,5 km
37	Lysá	Povrly	4,2 km
66	Řehlovice	Trmice	4,3 km
80	Telnice	Chlumeck	3,8 km
84	Ústí nad Labem	Ústí nad Labem	0,0 km
		Trmice	4,2 km
92	Žandov	Chabařovice	3,8 km
		Chlumeck	1,2 km

Zdroj: autor

V rámci měření byly učiněny dvě výjimky pro obce. Obce Povrly a Velké Březno, tyto obce se nachází na břehu řeky Labe, přestože se v limitní vzdálenosti  $B$  nachází i sídelní jednotky  $m$  na druhém břehu řeky, není existence této sídelní jednotky s počtem obyvatel vyšším než 2.000 obyvatel v blízkosti sídelní jednotky  $m$  zohledněna, v blízkosti Povrly a Velkého Března se nenachází žádný most přes řeku Labe.

Na základě informací v tabulce Tabulka 13 jsou sestaveny varianty proměnných  $x_6$  a  $x_7$  pro jednotlivé varianty kombinace proměnných  $i$ , které jsou dány kombinacemi různých limitních hodnot  $A$ ,  $B$  a  $D$ . Jejich přehled pro  $A = 2.000$  je uveden v tabulce Tabulka 14.

**Tabulka 14** Variantní vstupy proměnné  $x_6$  pro kombinace limitních hodnot  $B$  a  $D$  při  $A = 2.000$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$

Dolní limit $A$		2.000 obyvatel											
Horní limit $B$		$\infty$ obyvatel			5.000 obyvatel			4.000 obyvatel			3.000 obyvatel		
Limit $D$ [km]		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
$m$	Jednotka	$x_6^I$	$x_6^{II}$	$x_6^{III}$	$x_6^{IV}$	$x_6^V$	$x_6^{VI}$	$x_6^{VII}$	$x_6^{VIII}$	$x_6^{IX}$	$x_6^X$	$x_6^{XI}$	$x_6^{XII}$
2	Arnultovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Čeřeniště	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Český Újezd	2	2	3	2	2	3	1	1	2	1	1	1
12	Dolní Zálezly	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Dubice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Knínice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	Libouchec	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	Lysá	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
52	Ostrov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	Petrovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	Řehlovice	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
67	Řetouň	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	Sebuzín	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	Telnice	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
84	Ústí nad Labem	1	1	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0

Zdroj: autor

Pro sídelní jednotku  $m = 11$  Český Újezd dosahují jednotlivé variantní verze proměnné  $x_6$  nenulových hodnot z důvodu blízkosti Chlumce a Chabařovic do 3 km, Trmic pak do 5 km, hodnoty proměnné se pak mění v závislosti na proměnlivých limitech  $B$  a  $D$ . V případě sídelní jednotky  $m = 32$  Libouchec je ve vzdálenosti 4,5 km město Jílové v okrese Děčín. Kladné hodnoty u sídelní jednotky  $m = 37$  Lysá jsou dány blízkostí města Povrly, u sídelní jednotky  $m = 66$  Řehlovice jsou kladné hodnoty proměnné  $x_6$  důsledkem blízkosti města Trmice. Sídelní jednotka  $m = 80$  Telnice se nachází 3,8 km od Chlumce. Hodnoty

sídelní jednotky  $m = 84$  Ústí nad Labem pak ovlivňuje blízkost města Trmice a sídelní jednotky Ústí nad Labem samotné.

Přehled kombinací pro  $A$ , resp.  $B = 3.000$  obyvatel je sestaven v tabulce Tabulka 15, hodnoty jsou opět přímo odvozeny z údajů v tabulce Tabulka 13. Vzhledem ke spodnímu limitu  $A$ , resp.  $B$  na úrovni 3.000 již na rozdíl od tabulky Tabulka 14 není reflektována blízkost sídelních jednotek Chabařovice a Velké Březno<sup>8</sup>.

**Tabulka 15** Variantní vstupy proměnné  $x_6$  a  $x_7$  pro kombinace limitních hodnot  $B$  a  $D$  pro  $A$ , resp.  $B = 3.000$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$

Dolní limit $A^9$		3.000 obyvatel								
Horní limit $B$		$\infty$ obyvatel			5.000 obyvatel			4.000 obyvatel		
Limit $D$ [km]		3	4	5	3	4	5	3	4	5
$m$	Jednotka	$x_6^{XIII} / x_7^I$	$x_6^{IV} / x_7^{II}$	$x_6^{XV} / x_7^{III}$	$x_6^{XVI}$	$x_6^{XVII}$	$x_6^{XVIII}$	$x_6^{XIX}$	$x_6^{XX}$	$x_6^{XXI}$
2	Arnultovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Čeřeniště	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Český Újezd	1	1	2	1	1	2	0	0	1
12	Dolní Zálezly	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Dubice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Knínice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	Libouchec	0	0	1	0	0	0	0	0	0
37	Lysá	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Ostrov	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	Petrovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	Řehlovice	0	0	1	0	0	1	0	0	1
67	Řetouň	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	Sebuzín	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	Telnice	0	1	1	0	1	1	0	1	1
84	Ústí nad Labem	1	1	2	0	0	1	0	0	1

Zdroj: autor

<sup>8</sup> Blízkost města Velké Březno však neovlivňuje hodnoty proměnné  $x_6$  u žádné z 15 vybraných sídelních jednotek v tabulkách Tabulka 14 až Tabulka 16.

<sup>9</sup> Pro hodnoty proměnné  $x_7$  se jedná o dolní limit  $B$ , horním limitem je pak  $\infty$ .

Přehled kombinací pro  $A$ , resp.  $B = 4.000$ , resp.  $5.000$  obyvatel je sestaven v tabulce Tabulka 16. Oproti předchozí tabulce Tabulka 15 hodnoty pro dolní limit  $4.000$  obyvatel již nereflktují blízkost města Trmice, hodnoty pro dolní limity  $5.000$  obyvatel pak nejsou ovlivněny ani blízkostí města Chlumec.

**Tabulka 16** Variantní vstupy proměnné  $x_6$  a  $x_7$  pro kombinace limitních hodnot  $B$  a  $D$  pro  $A$ , resp.  $B = 4.000$  resp.  $5.000$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$

Dolní limit $A^{10}$		4.000 obyvatel						5.000 obyvatel		
Horní limit $B$		$\infty$ obyvatel			5.000 obyvatel			$\infty$ obyvatel		
Limit $D$		3 km	4 km	5 km	3 km	4 km	5 km	3 km	4 km	5 km
$m$	Název sídelní jednotky	$x_6^{XXII} / x_7^{IV}$	$x_6^{XXIII} / x_7^V$	$x_6^{XXIV} / x_7^{VI}$	$x_6^{XXV}$	$x_6^{XXVI}$	$x_6^{XXVII}$	$x_6^{XXVIII} / x_7^{VII}$	$x_6^{XIX} / x_7^{VIII}$	$x_6^{XXX} / x_7^{IX}$
2	Arnultovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Čeřeniště	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Český Újezd	1	1	1	1	1	1	0	0	0
12	Dolní Zálezly	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Dubice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Knínice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	Libouchec	0	0	1	0	0	0	0	0	1
37	Lysá	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Ostrov	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	Petrovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	Řehlovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	Řetouň	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	Sebuzín	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	Telnice	0	1	1	0	1	1	0	0	0
84	Ústí nad Labem	1	1	1	0	0	0	1	1	1

Zdroj: autor

Z tabulek Tabulka 14, Tabulka 15 a Tabulka 16 lze sestavit logické kombinace proměnných  $x_6$  a  $x_7$ , které tvoří jednotlivé kombinace vstupů  $i$ . Specifickým případem je  $B = \infty$ , kdy vektor proměnné  $x_7$  je nulový, tento vektor je v zápise značen jako  $x_7^0$ .

Přehled všech kombinací pro jednotlivá  $i$  je sestaven do tabulky Tabulka 17. Hodnoty  $i \in \{1; 30\}$  uvedené v tabulce Tabulka 17 utváří množinu  $P_{A,B,D}$ , která bude posuzována a bude hledána taková kombinace vstupů  $i$  z uvedeného intervalu, která dosahuje nejvyšších hodnot věrohodnosti statistického modelu.

<sup>10</sup> Pro hodnoty proměnné  $x_7$  se jedná o dolní limit  $B$ , horním limitem je pak  $\infty$ .

**Tabulka 17** Kombinace vstupů  $i$  s různými hodnotami proměnných  $x_6$  a  $x_7$  a kombinace limitních hodnot  $A$ ,  $B$  a  $D$  pro každý z těchto vstupů

Kombinace vstupů $i$	Varianta $x_6$	Varianta $x_7$	Hodnota $A$	Hodnota $B$	Hodnota $D$
1	$x_6^I$	$x_7^0$	2.000	$\infty$	3 km
2	$x_6^{II}$	$x_7^0$	2.000	$\infty$	4 km
3	$x_6^{III}$	$x_7^0$	2.000	$\infty$	5 km
4	$x_6^{IV}$	$x_7^{VII}$	2.000	5.000	3 km
5	$x_6^V$	$x_7^{VIII}$	2.000	5.000	4 km
6	$x_6^{VI}$	$x_7^{IX}$	2.000	5.000	5 km
7	$x_6^{VII}$	$x_7^{IV}$	2.000	4.000	3 km
8	$x_6^{VIII}$	$x_7^V$	2.000	4.000	4 km
9	$x_6^{IX}$	$x_7^{VI}$	2.000	4.000	5 km
10	$x_6^{X}$	$x_7^I$	2.000	3.000	3 km
11	$x_6^{XI}$	$x_7^{II}$	2.000	3.000	4 km
12	$x_6^{XII}$	$x_7^{III}$	2.000	3.000	5 km
13	$x_6^{XIII}$	$x_7^0$	3.000	$\infty$	3 km
14	$x_6^{XIV}$	$x_7^0$	3.000	$\infty$	4 km
15	$x_6^{XV}$	$x_7^0$	3.000	$\infty$	5 km
16	$x_6^{XVI}$	$x_7^{VII}$	3.000	5.000	3 km
17	$x_6^{XVII}$	$x_7^{VIII}$	3.000	5.000	4 km
18	$x_6^{XVIII}$	$x_7^{IX}$	3.000	5.000	5 km
19	$x_6^{XIX}$	$x_7^{IV}$	3.000	4.000	3 km
20	$x_6^{XX}$	$x_7^V$	3.000	4.000	4 km
21	$x_6^{XXI}$	$x_7^{VI}$	3.000	4.000	5 km
22	$x_6^{XXII}$	$x_7^0$	4.000	$\infty$	3 km
23	$x_6^{XXIII}$	$x_7^0$	4.000	$\infty$	4 km
24	$x_6^{XXIV}$	$x_7^0$	4.000	$\infty$	5 km
25	$x_6^{XXV}$	$x_7^{VII}$	4.000	5.000	3 km
26	$x_6^{XXVI}$	$x_7^{VIII}$	4.000	5.000	4 km
27	$x_6^{XXVII}$	$x_7^{IX}$	4.000	5.000	5 km
28	$x_6^{XXVIII}$	$x_7^0$	5.000	$\infty$	3 km
29	$x_6^{XXIX}$	$x_7^0$	5.000	$\infty$	4 km
30	$x_6^{XXX}$	$x_7^0$	5.000	$\infty$	5 km

Zdroj: autor

Vstupní proměnná  $x_8$  reprezentuje **vzdálenost do centra regionu**, okresního města Ústí nad Labem. Tato vzdálenost je měřena po síti pozemních komunikací. Vstupní proměnná  $x_9$  je umělou proměnnou, která popisuje, zda je daná sídelní jednotka  $m$  **administrativní součástí města Ústí nad Labem**. Vzhledem ke skutečnosti, že v posledních 30 letech došlo



k výrazné změně administrativního rozsahu města Ústí nad Labem, kdy z něj bylo vyčleněno několik samostatných obcí a měst, je zahrnuta umělá vstupní proměnná  $x_{10}$  indikující, zda daná sídelní jednotka  $m$  je **bývalou administrativní součástí města Ústí nad Labem**. Důvodem pro zahrnutí je skutečnost, že do těchto míst je často z historických důvodů stále zavedena MHD, která obvykle vede k vyšší četnosti spojů<sup>11</sup>. Informačním zdrojem je Abecední přehled obcí a částí obcí Historického lexikonu obcí České republiky – 1869-2011 (ČSÚ, 2015).

**Tabulka 18** Přehled hodnot vstupních proměnných  $x_8$  až  $x_{10}$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$

$m$	Název sídelní jednotky	Vzdálenost sídelní jednotky od Ústí nad Labem $x_8^m$	Administrativní součást Ústí nad Labem $x_9^m$	Bývalá administrativní součást Ústí nad Labem $x_{10}^m$
2	Arnultovice	8 km	0	0
9	Čeřeniště	15 km	0	0
11	Český Újezd	8 km	0	1
12	Dolní Zálezly	10 km	0	0
14	Dubice	10 km	0	0
26	Knínice	10 km	0	0
32	Libouheč	13 km	0	0
37	Lysá	11 km	0	0
52	Ostrov	22 km	0	0
53	Petrovice	18 km	0	0
66	Řehlovice	10 km	0	0
67	Řetouň	15 km	0	0
68	Sebuzín	10 km	1	0
80	Telnice	13 km	0	0
84	Ústí nad Labem	0 km	1	0

Zdroj: ČSÚ (2015, 2013), autor

Přehled hodnot vstupních proměnných  $x_8$  až  $x_{10}$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$  okresu Ústí nad Labem je zpracován do tabulky Tabulka 18.

Okres Ústí nad Labem nesousedí s žádným jiným krajem ČR, není tedy sledována proměnná reprezentující polohu sídelní jednotky  $m$  v blízkosti hranice vyšších samosprávně

<sup>11</sup> Daný stav byl výrazně redukován v předchozích přibližně čtyřech letech s rozšiřováním IDS Doprava Ústeckého kraje, v jeho rámci došlo k ukončení obsluhy blízkého okolí města spoji MHD na linkách 1 (Hrbovice, Chabařovice, Přestanov, Krupka), 4 (Koštov, Nové Stadice, Stadice, Habří, Řehlovice, Brozánky, Habrovany, Radejčín, Dubice), 6 (Milbohov, Stebno, Suchá, Podlešín, Chvalov), 12 (Hrbovice, Chabařovice, Vyklice, Roudníky, Přestanov, Stradov, Chlumeč). Především linka 12 byla provozována v dané lokalitě historicky několik desítek let. V současnosti MHD zajišťovaná Dopravním podnikem města Ústí nad Labem (2019) zasahuje mimo území města Ústí nad Labem pouze do několika lokalit – linky 2, 3, 7, 18, 19, 42, 62 (Trmice), 3 (Koštov), 11 (Chlumeč, Stradov, Přestanov), 15 (Dolní Zálezly), 19 (Ryjice). Specifickým případem je sezónní provoz skibusu: linka 10 (Telnice, Zadní Telnice) a cyklobusů: linka 20 (Chlumeč, Zadní Telnice, Adolfovo, Krásný Les, Varvažov) a 21 (Chlumeč, Nakléřov, Petrovice, Tisá).

územních celků. Vstupní proměnná  $x_{11}$  reprezentuje polohu sídelní jednotky  $m$  u **státní hranice** se Spolkovou republikou Německo. Tato proměnná je zpracována variantně pro proměnlivé hodnoty limitní vzdálenosti  $G$ , kdy jako vstup do modelu budou testovány hodnoty 3, 4 a 5 km, měřeno vzdušnou čarou.

V tabulce Tabulka 19 je zpracován přehled hodnot vstupních proměnných  $x_{11}$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$ , přehled obsahuje hodnoty pro variantní hodnoty limitní vzdálenosti  $G$  a jim odpovídající kombinace vstupních proměnných  $i \in \{31; 33\}$ , které utváří skupinu  $P_G$ .

**Tabulka 19** Přehled hodnot vstupní proměnné  $x_{11}$  pro variantní hodnoty limitní vzdálenosti  $G$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$

$m$	Název sídelní jednotky	Blízkost státní hranice se SRN $x_{11}^m$		
		$G = 3 \text{ km}$	$G = 4 \text{ km}$	$G = 5 \text{ km}$
		$i = 31$	$i = 32$	$i = 33$
		$x_{11}^I$	$x_{11}^{II}$	$x_{11}^{III}$
2	Arnultovice	0	0	0
9	Čeřeniště	0	0	0
11	Český Újezd	0	0	0
12	Dolní Zálezly	0	0	0
14	Dubice	0	0	0
26	Knínice	0	0	0
32	Libouchec	0	0	1
37	Lysá	0	0	0
52	Ostrov	1	1	1
53	Petrovice	1	1	1
66	Řehlovice	0	0	0
67	Řetouň	0	0	0
68	Sebuzín	0	0	0
80	Telnice	0	0	1
84	Ústí nad Labem	0	0	0

Zdroj: ČSÚ (2015, 2013), autor

Umělá proměnná  $x_{12}$  reprezentuje existenci **významné kulturní památky či kulturně-společenského zařízení** na území dané sídelní jednotky  $m$ . Ústecký kraj (2007) uvádí seznamy nejvýznamnějších památek a míst na svém území, z nich se na území okresu Ústí nad Labem nachází pomník Přemysla Oráče ve Stadicích, hrad Střekov a zoologická zahrada v Ústí nad Labem a zámek ve Velkém Březně. Pro tyto sídelní jednotky  $m$  dosahuje umělá proměnná  $x_{12}$  hodnoty 1, pro ostatní 0.

Na území okresu Ústí nad Labem zasahují dvě velkoplošná chráněná území, jde o chráněné krajinné oblasti České středohoří a Labské pískovce. Lokalizaci sídelní jednotky  $m$  na **území chráněné krajinné oblasti** indikuje umělá proměnná  $x_{13}$ .

Přehled hodnot vstupních proměnných  $x_{12}$  a  $x_{13}$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$  je uveden v tabulce Tabulka 20.

**Tabulka 20** Přehled hodnot vstupních proměnných  $x_{12}$  a  $x_{13}$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$

Identifikátor $m$	Název sídelní jednotky	Významná kulturní památka či zařízení $x_{12}^m$	Poloha jednotky na území CHKO $x_{13}^m$
2	Arnultovice	0	1
9	Čeřeniště	0	1
11	Český Újezd	0	0
12	Dolní Zálezly	0	1
14	Dubice	0	1
26	Knínice	0	0
32	Libouchec	0	1
37	Lysá	0	1
52	Ostrov	0	1
53	Petrovice	0	1
66	Řehlovice	0	1
67	Řetouň	0	1
68	Sebuzín	0	1
80	Telnice	0	0
84	Ústí nad Labem	1	0

Zdroj: Ústecký kraj (2007), autor

Umělé proměnné  $x_{14}$  a  $x_{15}$  jsou zaměřeny na silniční dopravní infrastrukturu, indikují polohu sídelní jednotky  $m$  na **pozemní komunikaci s nadprůměrnou intenzitou silničního provozu**. K vyhodnocení byla užitá data z Celostátního sčítání dopravy z roku 2016, které si nechalo zpracovat Ředitelství silnic a dálnic ČR (2016). Do umělých proměnných jsou zahrnuty pouze pozemní komunikace, na nichž bylo sčítání realizováno, zároveň dojde-li na území dané sídelní jednotky  $m$  k poklesu intenzity na dané pozemní komunikaci na nižší úroveň, umělou proměnnou je zohledňována vyšší z dosažených hodnot.

Na základě kombinace limitních hodnot  $J$  a  $K$  jsou určeny jednotlivé varianty kombinací vstupů  $i$ , jejich přehled pro  $J = 3.000$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$  je sestaven v tabulce Tabulka 21.

**Tabulka 21** Variantní vstupy proměnné  $x_{14}$  pro kombinace limitní hodnoty  $K$  při  $J = 3.000$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$

Dolní limit $J$		3.000 vozidel za 24 hodin							
Horní limit $K$ [tis. voz. / 24h]		$\infty$	10	9	8	7	6	5	4
$m$	Název sídelní jednotky	$x_{14}^I$	$x_{14}^{II}$	$x_{14}^{III}$	$x_{14}^{IV}$	$x_{14}^V$	$x_{14}^{VI}$	$x_{14}^{VII}$	$x_{14}^{VIII}$
2	Arnultovice	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Čeřeniště	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Český Újezd	1	0	0	0	0	0	0	0
12	Dolní Zálezly	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Dubice	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Knínice	1	1	1	1	1	1	1	1
32	Libouchec	1	1	1	1	1	1	0	0
37	Lysá	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Ostrov	0	0	0	0	0	0	0	0
53	Petrovice	1	1	1	1	1	1	1	1
66	Řehlovice	0	0	0	0	0	0	0	0
67	Řetouň	0	0	0	0	0	0	0	0
68	Sebuzín	1	1	1	1	1	1	0	0
80	Telnice	0	0	0	0	0	0	0	0
84	Ústí nad Labem	1	1	1	1	1	1	1	1

Zdroj: Ředitelství silnic a dálnic ČR (2016), autor

V případě sídelní jednotky  $m = 11$  Český Újezd jde o silnici I/30 s intenzitou provozu 11.992 vozidel za 24 hodin, na území sídelní jednotky  $m = 26$  Knínice se nachází křižovatka pozemních komunikací I/13 a II/528 s intenzitami provozu 7.334 a 3.670 vozidel za 24 hodin, sídelní jednotkou  $m = 32$  Libouchec prochází pozemní komunikace I/13 s intenzitou provozu 5.725 vozidel za 24 hodin, v případě sídelní jednotky  $m = 53$  Petrovice jde o silnici II/248 s intenzitou provozu 3.021 za 24 hodin a sídelní jednotkou  $m = 68$  Sebuzín prochází silnice II/261 s intenzitou provozu 5.422 vozidel za 24 hodin (Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2016). Sídelní jednotkou  $m = 84$  Ústí nad Labem je vedena řada pozemních komunikací s intenzitami od nízkých až po 12.396 vozidel za 24 hodin na vjezdu pozemní komunikace I/30 ve směru od Lovosic (Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2016). Přehled pozemních komunikací s vyšší intenzitou provozu na území města Ústí nad Labem je k dispozici v Příloze D.

Pro dolní limit intervalu pro limitní hodnoty  $J$  i  $K$  roven intenzitě provozu na pozemní komunikaci procházející sídelní jednotkou  $m$  4.000, resp. 5.000 vozidel za 24 hodin je přehled nezávisle proměnných  $x_{14}$  a  $x_{15}$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$  sestaven v tabulce Tabulka 22. Oproti předchozí tabulce Tabulka 22 dochází ke změně u sídelních jednotek

$m = 26$  Knínice, které již nejsou ovlivněny pozemní komunikací II/528, a  $m = 53$  Petrovice, kde opět již není reflektován vliv pozemní komunikace II/248, obě zmiňované pozemní komunikace nedosahují na území posuzovaných sídelních jednotek  $m$  dolního limitu intenzity provozu na pozemních komunikacích 4.000 vozidel za 24 hodin.

**Tabulka 22** Variantní vstupy proměnných  $x_{14}$  a  $x_{15}$  pro kombinace limitních hodnot  $K$  při dolní mezi intervalu  $J$ , resp.  $K$  rovné čtyřem či pěti tisícům vozidel za 24 hodin pro vybrané sídelní jednotky  $m$

Dolní limit $J^{12}$		4.000 vozidel za 24 hodin							5.000 vozidel za 24 hodin					
Horní limit $K$ [tis. voz. / 24h]		$\infty$	10	9	8	7	6	5	$\infty$	10	9	8	7	6
$m$	Sídelní jednotka	$\frac{x_{14}^{IX}}{x_{15}^I}$	$x_{14}^X$	$x_{14}^{XI}$	$x_{14}^{XII}$	$x_{14}^{XIII}$	$x_{14}^{XIV}$	$x_{14}^{XV}$	$\frac{x_{14}^{XVI}}{x_{15}^{II}}$	$x_{14}^{XVII}$	$x_{14}^{XVIII}$	$x_{14}^{XIX}$	$x_{14}^{XX}$	$x_{14}^{XXI}$
2	Arnultovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Čeřeniště	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Český Újezd	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Dolní Zálezly	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Dubice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Knínice	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0
32	Liboucheč	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
37	Lysá	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Ostrov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	Petrovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	Řehlovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	Řetouň	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	Sebuzín	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
80	Telnice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	Ústí nad Labem	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Zdroj: Ředitelství silnic a dálnic ČR (2016), autor

Pro dolní limit intervalu pro limitní hodnoty  $J$  i  $K$  roven intenzitě provozu na pozemní komunikaci procházející sídelní jednotkou  $m$  6.000, resp. 7.000 vozidel za 24 hodin je přehled nezávisle proměnných  $x_{14}$  a  $x_{15}$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$  sestaven v tabulce Tabulka 23. Rozdílné oproti předchozí tabulce Tabulka 22 jsou nulové hodnoty umělých proměnných  $x_{14}$ , resp.  $x_{15}$  v sídelních jednotkách  $m = 32$  Liboucheč a  $m = 68$  Sebuzín, pozemní komunikace, které v předchozích tabulkách vedly ke kladné hodnotě umělých proměnných  $x_{14}$ , resp.  $x_{15}$  u těchto sídelních jednotek, nedosahují dolního limitu intenzity provozu rozhodného pro hodnoty v tabulce Tabulka 23.

<sup>12</sup> Pro hodnoty proměnné  $x_{15}$  se jedná o dolní limit  $K$ , horním limitem je pak  $\infty$ .

**Tabulka 23** Variantní vstupy proměnných  $x_{14}$  a  $x_{15}$  pro kombinace limitních hodnot  $K$  při dolní mezi intervalu  $J$ , resp.  $K$  rovné šesti či sedmi tisícům vozidel za 24 hodin pro vybrané sídelní jednotky  $m$

Dolní limit $J^{13}$		6.000 vozidel za 24 hodin					7.000 vozidel za 24 hodin			
Horní limit $K$ [tis. voz. / 24h]		$\infty$	10	9	8	7	$\infty$	10	9	8
$m$	Název sídelní jednotky	$x_{14}^{XXII} / x_{15}^{III}$	$x_{14}^{XXIII}$	$x_{14}^{XXIV}$	$x_{14}^{XXV}$	$x_{14}^{XXVI}$	$x_{14}^{XXVII} / x_{15}^{IV}$	$x_{14}^{XXVIII}$	$x_{14}^{XXIX}$	$x_{14}^{XXX}$
2	Arnultovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Čeřeniště	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Český Újezd	1	0	0	0	0	1	0	0	0
12	Dolní Zálezly	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Dubice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Knínice	1	1	1	1	0	1	1	1	1
32	Libouchec	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	Lysá	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Ostrov	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	Petrovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	Řehlovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	Řetouň	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	Sebuzín	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	Telnice	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	Ústí nad Labem	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Zdroj: Ředitelství silnic a dálnic ČR (2016), autor

Pro dolní limit intervalu pro limitní hodnoty  $J$  i  $K$  roven intenzitě provozu na pozemní komunikaci procházející sídelní jednotkou  $m$  8.000, resp. 9.000, resp. 10.000 vozidel za 24 hodin je přehled nezávisle proměnných  $x_{14}$  a  $x_{15}$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$  sestaven v tabulce Tabulka 24. Kladných hodnot umělých proměnných  $x_{14}$ , resp.  $x_{15}$  v této tabulce dosahují již jen sídelní jednotky  $m = 11$  Český Újezd a  $m = 84$  Ústí nad Labem. Oběma prochází silnice I/30 s intenzitami provozu přesahujícími hodnoty 10.000 vozidel za 24 hodin, na území Ústí nad Labem se pak nachází větší množství pozemních komunikací s vyššími intenzitami provozu, jejich přehled je k dispozici v Příloze D.

<sup>13</sup> Pro hodnoty proměnné  $x_{15}$  se jedná o dolní limit  $K$ , horním limitem je pak  $\infty$ .

**Tabulka 24** Variantní vstupy proměnných  $x_{14}$  a  $x_{15}$  pro kombinace limitních hodnot  $K$  při dolní mezi intervalu  $J$ , resp.  $K$  rovné osmi, devíti či deseti tisícům vozidel za 24 hodin pro vybrané sídelní jednotky  $m$

Dolní limit $J^{14}$ [tis. voz. / 24h]		8			9		10
Horní limit $K$ [tis. voz. / 24h]		$\infty$	10	9	$\infty$	10	$\infty$
$m$	Název sídelní jednotky	$x_{14}^{XXXI} / x_{15}^V$	$x_{14}^{XXXII}$	$x_{14}^{XXXIII}$	$x_{14}^{XXXIV} / x_{15}^{VI}$	$x_{14}^{XXXV}$	$x_{14}^{XXXVI} / x_{15}^{VII}$
2	Arnultovice	0	0	0	0	0	0
9	Čeřeniště	0	0	0	0	0	0
11	Český Újezd	1	0	0	1	0	1
12	Dolní Zálezly	0	0	0	0	0	0
14	Dubice	0	0	0	0	0	0
26	Knínice	0	0	0	0	0	0
32	Libouchec	0	0	0	0	0	0
37	Lysá	0	0	0	0	0	0
52	Ostrov	0	0	0	0	0	0
53	Petrovice	0	0	0	0	0	0
66	Řehlovice	0	0	0	0	0	0
67	Řetouň	0	0	0	0	0	0
68	Sebuzín	0	0	0	0	0	0
80	Telnice	0	0	0	0	0	0
84	Ústí nad Labem	1	1	1	1	1	1

Zdroj: Ředitelství silnic a dálnic ČR (2016), autor

Na základě logických kombinací umělých proměnných  $x_{14}$  a  $x_{15}$  představených v tabulkách Tabulka 21, Tabulka 22, Tabulka 23 a Tabulka 24 je sestaveno 36 kombinací vstupů  $i$ , tyto hodnoty  $i \in \langle 34; 69 \rangle$  utváří skupinu  $P_{j,K}$ . Jejich přehled pro limitní hodnoty  $J$  a  $K$  determinující hodnoty  $x_{14}$  a  $x_{15}$  je sestaven v tabulce Tabulka 25.

Ve specifických případech, kdy kombinaci vstupů  $i$  tvoří takové proměnné  $x_{14}$  a  $x_{15}$ , které jsou determinovány pouze jedním dolním limitem  $J$ , a hodnota  $K = \infty$ , je vektor proměnné  $x_{15}$  nulový, daná situace je v tabulce Tabulka 25 označována zápisem  $x_{15}^0$ .

<sup>14</sup> Pro hodnoty proměnné  $x_{15}$  se jedná o dolní limit  $K$ , horním limitem je pak  $\infty$ .

**Tabulka 25** Kombinace vstupů  $i$  s různými hodnotami proměnných  $x_{14}$  a  $x_{15}$  a kombinace limitních hodnot  $J$  a  $K$  pro každý z těchto vstupů

Kombinace vstupů $i$	Varianta $x_{14}$	Varianta $x_{15}$	Hodnota $J$	Hodnota $K$	Kombinace vstupů $i$	Varianta $x_{14}$	Varianta $x_{15}$	Hodnota $J$	Hodnota $K$
34	$x_{14}^I$	$x_{15}^0$	3.000	$\infty$	52	$x_{14}^{XIX}$	$x_{15}^V$	5.000	8.000
35	$x_{14}^{II}$	$x_{15}^{VII}$	3.000	10.000	53	$x_{14}^{XX}$	$x_{15}^{IV}$	5.000	7.000
36	$x_{14}^{III}$	$x_{15}^{VI}$	3.000	9.000	54	$x_{14}^{XXI}$	$x_{15}^{III}$	5.000	6.000
37	$x_{14}^{IV}$	$x_{15}^V$	3.000	8.000	55	$x_{14}^{XXII}$	$x_{15}^0$	6.000	$\infty$
38	$x_{14}^V$	$x_{15}^{IV}$	3.000	7.000	56	$x_{14}^{XXIII}$	$x_{15}^{VII}$	6.000	10.000
39	$x_{14}^{VI}$	$x_{15}^{III}$	3.000	6.000	57	$x_{14}^{XXIV}$	$x_{15}^{VI}$	6.000	9.000
40	$x_{14}^{VII}$	$x_{15}^{II}$	3.000	5.000	58	$x_{14}^{XXV}$	$x_{15}^V$	6.000	8.000
41	$x_{14}^{VIII}$	$x_{15}^I$	3.000	4.000	59	$x_{14}^{XXVI}$	$x_{15}^{IV}$	6.000	7.000
42	$x_{14}^{IX}$	$x_{15}^0$	4.000	$\infty$	60	$x_{14}^{XXVII}$	$x_{15}^0$	7.000	$\infty$
43	$x_{14}^X$	$x_{15}^{VII}$	4.000	10.000	61	$x_{14}^{XXVIII}$	$x_{15}^{VII}$	7.000	10.000
44	$x_{14}^{XI}$	$x_{15}^{VI}$	4.000	9.000	62	$x_{14}^{XXIX}$	$x_{15}^{VI}$	7.000	9.000
45	$x_{14}^{XII}$	$x_{15}^V$	4.000	8.000	63	$x_{14}^{XXX}$	$x_{15}^V$	7.000	8.000
46	$x_{14}^{XIII}$	$x_{15}^{IV}$	4.000	7.000	64	$x_{14}^{XXXI}$	$x_{15}^0$	8.000	$\infty$
47	$x_{14}^{XIV}$	$x_{15}^{III}$	4.000	6.000	65	$x_{14}^{XXXII}$	$x_{15}^{VII}$	8.000	10.000
48	$x_{14}^{XV}$	$x_{15}^{II}$	4.000	5.000	66	$x_{14}^{XXXIII}$	$x_{15}^{VI}$	8.000	9.000
49	$x_{14}^{XVI}$	$x_{15}^0$	5.000	$\infty$	67	$x_{14}^{XXXIV}$	$x_{15}^0$	9.000	$\infty$
50	$x_{14}^{XVII}$	$x_{15}^{VII}$	5.000	10.000	68	$x_{14}^{XXXV}$	$x_{15}^{VII}$	9.000	10.000
51	$x_{14}^{XVIII}$	$x_{15}^{VI}$	5.000	9.000	69	$x_{14}^{XXXVI}$	$x_{15}^0$	10.000	$\infty$

Zdroj: autor

Další umělá proměnná  $x_{16}$  je opět zaměřena na dopravní infrastrukturu, jedná se o popis jejích intersekcí. Proměnná indikuje, zda se na území sídelní jednotky  $m$  nachází **křižovatka významných pozemních komunikací**, které obě přesahují limitní intenzitu provozu  $L$ , nebo **styčná, uzlová, odbočná či křižovatková železniční stanice** drah s pravidelnou osobní železniční dopravou. Limitní hodnota intenzity provozu na pozemních komunikacích  $L$  opět determinuje několik kombinací vstupů  $i$ , budou testovány její hodnoty od intenzity provozu 5.000 vozidel za 24 hodin v kroku po 1.000. Jedinou sídelní jednotkou  $m$  v okrese Ústí nad Labem, na jejímž území se nachází železniční stanice splňující kritéria pro započtení do proměnné  $x_{16}$ , je Ústí nad Labem, kde podmínku splňují železniční stanice Ústí nad Labem hl.n., Ústí nad Labem-Střekov a Ústí nad Labem západ. Přehled limitních hodnot  $L$  a jimi definovaných jednotlivých variant kombinací vstupů  $i$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$  je sestaven v tabulce Tabulka 26. Hodnoty  $i \in \langle 70; 75 \rangle$  utváří skupinu  $P_L$ .



**Tabulka 26** Přehled hodnot vstupní proměnné  $x_{16}$  pro jednotlivé limitní hodnoty intenzity provozu na pozemních komunikacích  $L$  a jimi definované kombinace vstupů  $i$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$

Křižovatka významných pozemních komunikací či dráhy $x_{16}^m$									
Limit $L$ [voz. / 24h]		3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
$m$	Název sídelní jednotky	$i = 70$	$i = 71$	$i = 72$	$i = 73$	$i = 74$	$i = 75$	$i = 76$	$i = 77$
		$x_{16}^I$	$x_{16}^{II}$	$x_{16}^{III}$	$x_{16}^{IV}$	$x_{16}^V$	$x_{16}^{VI}$	$x_{16}^{VII}$	$x_{16}^{VIII}$
2	Arnultovice	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Čeřeniště	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Český Újezd	1	1	1	1	1	1	1	1
12	Dolní Zálezly	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Dubice	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Knínice	1	1	1	1	1	1	1	1
32	Libouchec	0	0	0	0	0	0	0	0
37	Lysá	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Ostrov	0	0	0	0	0	0	0	0
53	Petrovice	1	0	0	0	0	0	0	0
66	Řehlovice	1	1	1	1	1	1	1	1
67	Řetouň	0	0	0	0	0	0	0	0
68	Sebuzín	0	0	0	0	0	0	0	0
80	Telnice	0	0	0	0	0	0	0	0
84	Ústí nad Labem	1	1	1	1	1	1	1	1

Zdroj: Ředitelství silnic a dálnic (2016), SŽDC (2019a), autor

Umělá proměnná  $x_{17}$  se zaměřuje výhradně na železniční infrastrukturu, indikuje, zda se na území sídelní jednotky  $m$  nachází **železniční stanice či zastávka** na trati s pravidelnou osobní železniční dopravou. Na území okresu Ústí nad Labem se nachází následující železniční tratě v číslování dle jízdního řádu SŽDC (2019a)<sup>15</sup>:

- 072 Ústí nad Labem – Lysá nad Labem,
- 073 Ústí nad Labem – Děčín,
- 090 Praha – Ústí nad Labem – Děčín,
- 097 Lovosice – Teplice v Čechách,
- 130 Ústí nad Labem – Klášterec nad Ohří,
- 131 Ústí nad Labem – Bílina,
- T3 Ústí nad Labem-Střekov – Velké Březno (– Zubrnice),

<sup>15</sup> Dne 3. 9. 2019 SŽDC (2019c) zveřejnila aktualizovaný návrh jízdního řádu pro období od 15. 12. 2019 do 12. 12. 2020 po projednání s objednateli a dopravci, v tomto jízdním řádu dochází k přečíslování i změně trasování velké části tratí na území ČR zahrnující i zde posuzované tratě 072, 090, 130, 131 a (132). Vzhledem ke vztažení dat k aktuálním jízdním řádům k 1. 8. 2019 autor nová čísla tratí nereflektuje.

- (132)<sup>16</sup> Děčín – Oldřichov u Duchcova.

Na trati 097 se na území okresu Ústí nad Labem nachází pouze železniční stanice Radejčín, která je ale umístěna mimo docházkovou vzdálenost od sídelní jednotky  $m = 59$  Radejčín. Na trati T3 je zajišťován pouze sezónní provoz (SŽDC, 2019a). Trať Děčín – Oldřichov u Duchcova je dlouhodobě vyloučena z důvodu narušení provozu schopnosti dráhy dle ROV (Rozkaz o výluce) 73014 a 73018 (SŽDC, 2019b). Na ostatních tratích je pravidelně provozována osobní doprava.

**Tabulka 27** Přirazení sídelních jednotek stanicím a zastávkám na železničních tratích s pravidelnou osobní železniční dopravou v okrese Ústí nad Labem

<b>Železniční trať</b>	<b>Stanice a zastávky na území okresu Ústí nad Labem</b>	<b><math>m</math></b>	<b>Název přiřazené sídelní jednotky</b>
072 Ústí nad Labem – Lysá nad Labem	Ústí nad Labem západ, Ústí nad Labem-Střekov	84	Ústí nad Labem
	Sebuzín	68	Sebuzín
073 Ústí nad Labem – Děčín	Ústí nad Labem-Střekov	84	Ústí nad Labem
	Svádov	77	Svádov
	Valtířov	85	Valtířov
	Velké Březno	87	Velké Březno
	Malé Březno nad Labem	38	Malé Březno
090 Praha – Ústí nad Labem – Děčín	Dolní Zálezly	12	Dolní Zálezly
	Ústí nad Labem hl.n., Ústí nad Labem sever, Neštětice, Mojžíř	84	Ústí nad Labem
	Neštětice	48	Neštětice
	Povrly	56	Povrly
	Povrly-Roztoky	63	Roztoky
130 Ústí nad Labem – Klášterec nad Ohří	Ústí nad Labem hl.n., Ústí nad Labem západ	84	Ústí nad Labem
131 Ústí nad Labem – Bílina	Ústí nad Labem hl.n., Ústí nad Labem západ, Trmice	84	Ústí nad Labem
	Koštov	28	Koštov
	Stadice	71	Stadice
	Řehlovice	66	Řehlovice
	Brozánky	5	Brozánky

Zdroj: SŽDC (2019a), autor

Přehled sídelních jednotek  $m$ , na jejichž území se nachází zastávka či stanice na železniční trati s pravidelnou osobní železniční dopravou, je sestaven v tabulce Tabulka 27.

<sup>16</sup> Trať byla dříve značena jako železniční trať č. 132. Od zastavení osobní dopravy z důvodu nesjízdnosti není dále pod tímto číslem vedena, nově je jako trať č. 132 značena železniční trať Kadaň-Prunéřov – Poláky.

Umělá proměnná  $x_{18}$  indikuje polohu sídelní jednotky  $m$  v **nadmořské výšce** vyšší než definovaný limit  $M$ . Pro potřeby okresu Ústí nad Labem budou testovány variantní hodnoty limitní nadmořské výšky  $M$  300, 400 a 500 metrů nad mořem. Regionální specifikum reprezentuje umělá proměnná  $x_{19}$ . Ústecký kraj (2016) ve svém plánu dopravní obslužnosti deklaruje, že pokud obec nebo její odloučená část není obývána alespoň 35 obyvateli a nevedou-li k zajištění dopravní obslužnosti jiné důvody, nebude v takové obci či její odloučené části zajišťována dopravní obslužnost. Z tohoto důvodu je vstup  $x_{19}$  zaměřen na počet obyvatel v sídelní jednotce  $m$ , pokud je **počet obyvatel nižší než 35**, dosahuje proměnná  $x_{19}$  hodnoty 1, jinak 0. Přehled hodnot vstupních proměnných  $x_{17}$ ,  $x_{18}$  a  $x_{19}$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$  je sestaven v tabulce Tabulka 28. Pro proměnnou  $x_{19}$  přehled obsahuje hodnoty pro variantní hodnoty limitní nadmořské výšky  $M$  a jim odpovídající kombinace vstupních proměnných  $i \in \langle 76; 78 \rangle$ , které utváří skupinu  $P_M$ .

**Tabulka 28** Přehled hodnot vstupních proměnných  $x_{17}$  až  $x_{19}$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$

$m$	Název sídelní jednotky	Železniční stanice či zastávka na území sídelní jednotky $x_{17}^m$	Nadmořská výška v m n.m. vyšší než $M$ $x_{18}^m$			Počet obyvatel pod 35 osob $x_{19}^m$
			$M = 300$	$M = 400$	$M = 500$	
			$i = 78$	$i = 79$	$i = 80$	
			$x_{18}^I$	$x_{18}^{II}$	$x_{18}^{III}$	
2	Arnultovice	0	1	1	0	0
9	Čeřeníště	0	1	1	1	0
11	Český Újezd	0	0	0	0	0
12	Dolní Zálezly	1	0	0	0	0
14	Dubice	0	1	0	0	0
26	Knínice	0	1	1	1	0
32	Libouchec	0	1	0	0	0
37	Lysá	0	1	1	0	1
52	Ostrov	0	1	1	0	1
53	Petrovice	0	1	1	1	0
66	Řehlovice	1	0	0	0	0
67	Řetouň	0	1	1	0	1
68	Sebuzín	1	0	0	0	0
80	Telnice	0	1	0	0	0
84	Ústí nad Labem	1	0	0	0	0

Zdroj: SŽDC (2019a), autor

Proměnná  $x_{19}$  je poslední proměnnou vstupující do modelu. Pro tento model jsou tedy připraveny všechny vstupy potřebné k sestavení regresního modelu dopravní obslužnosti:

- $\mathbf{y}$  – vektor referenčních hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti ve všech zahrnutých  $n$  sídelních jednotkách za stanovenou časovou jednotku,
- $\mathbf{X}_i$  – matice nezávislých proměnných sestavená variantně pro všech  $N$  kombinací vstupů modelu [-],
- $n = 95$ : počet zahrnutých sídelních jednotek  $m$ ,
- $k = 19$ : počet proměnných  $j$  zahrnutých do modelu,
- $N = 80$ : počet kombinací vstupů  $i$  definovaných variantními hodnotami limitních hodnot  $\zeta$  rozdělených do skupin  $P_{A,B,D}$ ,  $P_G$ ,  $P_{J,K}$ ,  $P_L$  a  $P_M$ .

#### 4.3.4 Sestavení regresního modelu dopravní obslužnosti

Výpočty založené na vzorcích (74) až (102) jsou opakovány iteračně pro všech  $N$  kombinací vstupů  $i$ . V tomto modelu je  $N = 80$ . V následujícím textu bude představena 81. iterace výpočtu sestavená pro optimální kombinace vstupů označenou jako  $i = \zeta_{opt}$ , které jsou dány optimálním výstupem z každé skupiny  $P_{A,B,D}$ ,  $P_G$ ,  $P_{J,K}$ ,  $P_L$  a  $P_M$ , který vede k nejnižší hodnotě reziduálního součtu čtverců  $S_R^i$ . Přehled zvolených hodnot ze skupiny  $P_\zeta$  je sestaven v tabulce Tabulka 29.

**Tabulka 29** Přehled zvolených hodnot z každé skupiny  $P_{A,B,D}$ ,  $P_G$ ,  $P_{J,K}$ ,  $P_L$  a  $P_M$  a jim odpovídající kombinace limitních hodnot

Skupina $P_\zeta$	Zvolené $i$	Vybraná verze proměnné $x_j$	Konkrétní vybrané hodnoty limitních hodnot $\zeta$		
$P_{A,B,D}$	1	$\mathbf{x}_6^I, \mathbf{x}_7^0$	$A = 2.000$	$B = \infty$	$D = 3$
$P_G$	31	$\mathbf{x}_{11}^I$	$G = 3$		
$P_{J,K}$	50	$\mathbf{x}_{14}^{XVII}, \mathbf{x}_{15}^{VII}$	$J = 5.000$	$K = 10.000$	
$P_L$	71	$\mathbf{x}_{16}^{II}$	$L = 4.000$		
$P_M$	79	$\mathbf{x}_{18}^{II}$	$M = 400$		

Zdroj: autor

Ze skupiny  $P_{A,B,D}$  byla vybrána kombinace vstupů  $i = 1$ , pro kterou je limitní hodnota  $B = \infty$ . Z toho vyplývá, že do modelu bude zařazen nulový vektor  $\mathbf{x}_7^0$ . Počet nezávisle proměnných modelu  $k$  bude tedy v následujících výpočtech vždy poníženo o 1, protože nulový vektor  $\mathbf{x}_7^0$  nevnáší žádnou informaci do modelu.

Výsledné hodnoty pro vybrané sídelní jednotky  $m$ , které jsou položkami příslušných  $m$ -tých řádků matice  $X_{\zeta_{opt}}$ , jsou přehledně uvedeny v tabulce Tabulka 30.

**Tabulka 30** Výsledné hodnoty pro vybrané sídelní jednotky  $m$  zahrnuté do kombinace vstupů  $\zeta_{opt}$

$m$ Jednotka	$x_1^m$	$x_2^m$	$x_3^m$	$x_4^m$	$x_5^m$	$x_6^m$	$x_7^m$	$x_8^m$	$x_9^m$	$x_{10}^m$	$x_{11}^m$	$x_{12}^m$	$x_{13}^m$	$x_{14}^m$	$x_{15}^m$	$x_{16}^m$	$x_{17}^m$	$x_{18}^m$	$x_{19}^m$
2 Arnultovice	70	0,43	0,46	0,13	0	0	0	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
9 Čeraniště	65	0,45	0,49	0,16	0	0	0	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
11 Český Újezd	73	0,53	0,52	0,08	0	2	0	8	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
12 Dolní Zálezly	545	0,49	0,44	0,10	0	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
14 Dubice	261	0,48	0,48	0,08	0	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
26 Knínice	48	0,42	0,44	0,14	0	0	0	10	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
32 Libouchec	1.575	0,49	0,49	0,14	1	0	0	13	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
37 Lysá	8	0,50	0,63	0,20	0	0	0	11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
52 Ostrov	10	0,50	0,70	0,14	0	0	0	22	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
53 Petrovice	712	0,48	0,49	0,12	1	0	0	18	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
66 Řehlovice	437	0,53	0,46	0,11	1	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
67 Řetouň	23	0,52	0,48	0,00	0	0	0	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
68 Sebužín	628	0,49	0,45	0,12	0	0	0	10	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
80 Telnice	273	0,49	0,46	0,12	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84 Ústí nad Labem	95.988	0,52	0,46	0,14	25	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0

Zdroj: ČSÚ (2019, 2015, 2013), SŽDC (2019a), Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR (2018a), Ředitelství silnic a dálnic ČR (2016), Ústecký kraj (2007), autor

Výsledné hodnoty vstupů dané optimálních kombinací vstupů  $\zeta_{opt}$  jsou sestaveny v Příloze E.

V návaznosti na sestavení všech potřebných vstupů lze přikročit ke konstrukci matematicko-statistického modelu. Model je založen na vícenásobné lineární regresní funkci, na níž jsou postupně aplikovány postupy metody LTS robustní regrese a následně dojde k implementaci hřebenové regrese.

#### *Vícenásobná lineární regresní funkce*

Prvním krokem výpočtu je výpočet odhadu vektoru nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$ . Vektor  $\hat{\beta}_{VLR}^{\zeta_{opt}}$  je vypočten dle vzorce (74) pro  $i = \zeta_{opt}$ . Výsledný vektor je sestaven do vzorce (122).

$$\widehat{\beta}_{VLR}^{\zeta_{opt}} = \begin{pmatrix} \widehat{\beta}_0^{VLR, \zeta_{opt}} \\ \widehat{\beta}_1^{VLR, \zeta_{opt}} \\ \vdots \\ \widehat{\beta}_k^{VLR, \zeta_{opt}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \widehat{\beta}_0^{VLR, \zeta_{opt}} \\ \widehat{\beta}_1^{VLR, \zeta_{opt}} \\ \vdots \\ \widehat{\beta}_{19}^{VLR, \zeta_{opt}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 11,42 \\ 0,03 \\ 36,67 \\ -6,28 \\ -1,56 \\ -9,10 \\ 5,07 \\ 0,00 \\ -1,10 \\ 33,93 \\ 6,93 \\ 7,97 \\ -3,81 \\ 6,35 \\ 22,98 \\ 67,78 \\ -2,93 \\ 30,18 \\ -0,75 \\ -7,91 \end{pmatrix} \quad (122)$$

kde:

$\widehat{\beta}_{VLR}^{\zeta_{opt}}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek zjištěný pomocí aproximační funkce nalezené vícenásobnou lineární regresi pro kombinaci vstupů modelu  $i = \zeta_{opt}$  [-],

$\widehat{\beta}_0^{VLR, \zeta_{opt}}$  ..... odhad absolutního regresního parametru vypočtený vícenásobnou lineární regresi pro kombinaci vstupů modelu  $i = \zeta_{opt}$  – teoretický počet spojů obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě nulové hodnoty všech  $k$  vstupů pro sídelní jednotku  $m$  [-],

$\widehat{\beta}_1^{VLR, i}$  ..... odhad regresního parametru nezávislé proměnné  $x_1$  vypočtený vícenásobnou lineární regresi pro kombinaci vstupů modelu  $i = \zeta_{opt}$  – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\widehat{\beta}_0^{VLR, \zeta_{opt}}$  obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_1^m$  je roven jedné [-],

$\widehat{\beta}_k^{VLR, i}$  ..... odhad regresního parametru nezávislé proměnné  $x_k$  vypočtený vícenásobnou lineární regresi pro kombinaci vstupů modelu  $i = \zeta_{opt}$  – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\widehat{\beta}_0^{VLR, \zeta_{opt}}$  obsluhujících sídelní jednotku  $m$

za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_k^m$  je roven jedné [-],

$\hat{\beta}_{19}^{VLR,i}$  ..... odhad regresního parametru nezávislé proměnné  $x_{19}$  vypočtený vícenásobnou lineární regresí pro kombinaci vstupů modelu  $i = \zeta_{opt}$  – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\hat{\beta}_0^{VLR,\zeta_{opt}}$  obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_{19}^m$  je roven jedné [-].

Vypočtení optimálních hodnot vektoru nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  umožňuje sestavit iniciační odhad predikovaných hodnot, který má podobu vektoru  $\hat{y}_{VLR}^{\zeta_{opt}}$ , výpočet je proveden dle vzorce (76), resp. vzorce (77). Pro každou sídelní jednotku  $m$  je vypočtena chyba modelu  $e_{VLR,\zeta_{opt}}^m$ .

**Tabulka 31** Odhady počtu spojů ve vybraných sídelních jednotkách  $m$  a chyby těchto odhadů vypočtených vícenásobnou lineární regresí

$m$	Název sídelní jednotky	Referenční počet spojů v sídelní jednotce $y^m$	Odhad počtu spojů v sídelní jednotce $\hat{y}_{VLR,\zeta_{opt}}^m$	Chyba modelu pro sídelní jednotku $e_{VLR,\zeta_{opt}}^m$
2	Arnultovice	25,0	23,14	1,86
9	Čeřeniště	5,0	15,24	-10,24
11	Český Újezd	130,0	132,83	-2,83
12	Dolní Zálezly	46,0	36,21	9,79
14	Dubice	18,0	28,39	-10,39
26	Knínice	42,0	33,28	8,72
32	Libouchec	113,0	73,61	39,39
37	Lysá	4,0	11,30	-7,30
52	Ostrov	0,0	6,82	-6,82
53	Petrovice	40,0	29,10	10,90
66	Řehlovice	44,0	52,72	-8,72
67	Řetouň	12,0	9,32	2,68
68	Sebuzín	68,0	95,16	-27,16
80	Telnice	29,0	19,24	9,76
84	Ústí nad Labem	2498,4	2499,74	-1,34

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2019), CHAPS a Ministerstvo dopravy ČR (2019), SŽDC (2019a), autor

Přehled referenčních hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti  $y^m$  v porovnání s odhady počtu spojů dopravní obslužnosti za 1 pracovní den  $\hat{y}_{VLR,\zeta_{opt}}^m$  zjištěnými pomocí aproximační funkce nalezené vícenásobnou lineární regresí pro kombinaci vstupů modelu

$i = \zeta_{opt}$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$  a chybami modelu  $e_{VLR, \zeta_{opt}}^m$  vypočtenými dle vzorce (78) pro tyto sídelní jednotky  $m$  je sestaven v tabulce Tabulka 31. Obdobný přehled pro všechny sídelní jednotky  $m$  zahrnuté do modelu je sestaven v Příloze F.

### Zahrnutí prvků robustní regrese

Návazným krokem je sestavení regresního modelu s implementovanými prvky robustní regrese, které odstraní odlehlá pozorování a zvěrohodní odhad. Pro tento postup byla zvolena metoda LTS (Least Trimmed Squares). Před výpočtem hodnot vektoru nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  je třeba jako vstupy pro metodu LTS odvodit hodnotu usekávací konstanty  $h$  metodou studentizovaných reziduí. Prvním krokem je sestavení projekční matice  $\mathbf{H}_{\zeta_{opt}}$ . Tato matice je vypočtena dle vzorce (79). Její podoba pro  $i = \zeta_{opt}$  je sestavena v Příloze G. Prvky na její diagonále na  $m$ -tých řádcích  $h_{mm}^{\zeta_{opt}}$  odpovídající vybraným sídelním jednotkám  $m$  jsou uvedeny v tabulce Tabulka 32. Dále jsou v této tabulce uvedeny s využitím právě hodnot  $h_{mm}^{\zeta_{opt}}$  vztahem ve vzorci (80) vypočtené hodnoty studentizovaných reziduí  $t_{\zeta_{opt}}^m$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$ .

**Tabulka 32** Odvození podezření na odlehlá pozorování pro vybrané sídelní jednotky  $m$

$m$	Název sídelní jednotky	Hodnota na diagonále projekční matice $h_{mm}^{\zeta_{opt}}$	Studentizované reziduum sídelní jednotky $t_{\zeta_{opt}}^m$	Odlehlé pozorování (incidence s kritickým oborem $W_t^t$ )
2	Arnultovice	0,055	0,116	není odlehlé pozorování
9	Čeřeniště	0,095	-0,658	není odlehlé pozorování
11	Český Újezd	0,480	-0,239	není odlehlé pozorování
12	Dolní Zálezly	0,043	0,612	není odlehlé pozorování
14	Dubice	0,051	-0,652	není odlehlé pozorování
26	Knínice	0,585	0,829	není odlehlé pozorování
32	Libouchec	0,228	2,878	je odlehlé pozorování
37	Lysá	0,108	-0,472	není odlehlé pozorování
52	Ostrov	0,269	-0,487	není odlehlé pozorování
53	Petrovice	0,206	0,748	není odlehlé pozorování
66	Řehlovice	0,585	-0,829	není odlehlé pozorování
67	Řetouň	0,083	0,171	není odlehlé pozorování
68	Sebuzín	0,394	-2,193	není odlehlé pozorování
80	Telnice	0,217	0,675	není odlehlé pozorování
84	Ústí nad Labem	0,987	-0,723	není odlehlé pozorování

Zdroj: autor

Pro každou sídelní jednotku  $m$  je uvedeno, zda její studentizované reziduum  $t_{\zeta_{opt}}^m$  poukazuje na domněnku, že je považované za odlehlé pozorování či nikoliv. Určení, zda dané



studentizované reziduum  $t_{\zeta_{opt}}^m$  naznačuje, že sídelní jednotka  $m$  je odlehlé pozorování, probíhá pomocí  $t$ -testu. Odvození kritického oboru  $W_t^t$  pro tento test je provedeno s využitím vzorců (81), (82) <sup>17</sup> a (83). Dosazení do vzorce (83) pro konkrétní posuzovaný model vede ke vztahu uvedenému ve vzorci (123). Hladina spolehlivosti  $w$  byla určena na úrovni 90 %, hodnota  $t_{0,90}(74)$  byla odečtena ze statistických tabulek (Hála a Jarušková, 1999).

$$W_t^t = \left\langle t_{1-\alpha_t^t}(v_t^t); \infty \right\rangle = \left\langle t_{1-(1-\frac{w}{100})}(n - (k - 1) - 2); \infty \right\rangle = \quad (123)$$

$$= \left\langle t_{1-1+\frac{90}{100}}(95 - (19 - 1) - 2); \infty \right\rangle = \left\langle t_{0,90}(75); \infty \right\rangle = \langle 1,666; \infty \rangle$$

kde:

$W_t^t$  ..... kritický obor hodnot studentizovaných reziduí analyzovaného lineárního regresního modelu [-],

$t_{1-\alpha_t^t}(v_t^t)$  ..... hodnota odečtená ze statistických tabulek Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro hladinu spolehlivosti  $(1 - \alpha_t^t)$  a  $v_t^t$  stupňů volnosti [-],

$w$  ..... požadovaná hladina spolehlivosti [%],

$n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-].

**Tabulka 33** Sídelní jednotky  $m$ , které byly metodou studentizovaných reziduí určeny jako odlehlá pozorování

$m$	Název sídelní jednotky	Studentizované reziduum sídelní jednotky $t_{\zeta_{opt}}^m$
7	Budov	-3,692
23	Chudarov	2,339
32	Libouchec	2,878
51	Nový Libouchec	1,816
68	Sebuzín	-2,193
73	Stradov	1,833
74	Strážky	3,130
77	Svádov	2,940
85	Valtířov	1,861
94	Žďárek	1,810

Zdroj: autor

Výpočet podle vzorců (80), (84) a (123) odhalil jako pozorování podezřelá z odlehlosti sídelní jednotky  $m$  uvedené v tabulce Tabulka 33.

<sup>17</sup> Vzhledem ke skutečnosti, že již v tabulce Tabulka 29 byla z modelu de facto vyloučena proměnná  $x_7^0$  je skutečný počet proměnných zahrnutých v modelu o jednu nižší než uváděná hodnota  $k$ , proto je hodnota  $k$  ve výpočtu ponížena naznačenou úpravou  $(k - 1)$ .

Z předchozí tabulky Tabulka 33 lze vyčíst, že počet pozorování, která byla metodou studentizovaných reziduí určena jako odlehlá,  $\rho$ , se rovná 10. Dosazením do vzorce (86) lze tedy vypočíst usekávací konstantu  $r$ , jak je provedeno ve vzorci (124).

$$r = n - \rho = 95 - 10 = 85 \quad (124)$$

kde:

$r$  ..... usekávací konstanta, počet sídelních jednotek  $m$  zahrnutých do jednotlivých subsetů  $\gamma$  minimalizačního kritéria LTS,  $r \in \langle 1; n \rangle \wedge r \in \mathbb{N} [-]$ ,

$n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N} [-]$ ,

$\rho$  ..... počet odlehlých pozorování,  $\rho \in \langle 1; n - 2 \rangle \wedge \rho \in \mathbb{N} [-]$ .

Na základě znalosti hodnoty usekávací konstanty  $r$  lze přistoupit k metodě LTS. Tato metoda vytváří subsety  $\gamma$ , které vždy obsahují  $r$  sídelních jednotek  $m$ , takto prochází všechny možné kombinace sídelních jednotek  $m$ . Celkový počet subsetů  $\gamma$  lze vypočíst dle vzorce (87), výpočet pro tento model je proveden ve vzorci (125).

$$\Gamma = C_r(n) = C_{85}(95) = \binom{95}{85} = \frac{95!}{85! \times (95 - 85)!} = \frac{95!}{85! \times 10!} = 1,01 \times 10^{13} \quad (125)$$

kde:

$\Gamma$  ..... počet sestavených subsetů sídelních jednotek  $m$ ,  $\Gamma \geq 1 \wedge \Gamma \in \mathbb{N} [-]$ ,

$C_r(n)$  ..... kombinace  $r$ -té třídy z  $n$  prvků bez opakování,

$r$  ..... usekávací konstanta, počet pozorování zahrnutých do jednotlivých subsetů  $\gamma$  minimalizačního kritéria LTS,  $r \in \langle 1; n \rangle \wedge r \in \mathbb{N} [-]$ ,

$n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N} [-]$ .

Vzhledem k iteračnímu postupu s  $\Gamma = 1,01 \times 10^{13}$  opakováními bude v práci představena pouze jedna iterace pro optimální subset  $\gamma_{opt}$ , který je metodou LTS po sestavení všech  $\Gamma$  subsetů. Sídelní jednotky  $m$ , které jsou zahrnuty v subsetu  $\gamma_{opt}$  jsou prvky množiny  $U_{\zeta_{opt}}$ . Přehled sídelních jednotek  $m$ , které ji tvoří, je uveden v Příloze H.

Prvotním krokem v rámci iterace metody LTS je sestavení vektoru nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  vícenásobnou lineární regresí pro danou kombinaci vstupů modelu  $i$  dle vzorce (88). Výstupem je vektor  $\hat{\beta}_{\gamma_{opt}}^{\zeta_{opt}}$ , který je sestaven ve vzorci (126).

$$\widehat{\beta}_{\gamma_{opt}}^{\zeta_{opt}} = \begin{pmatrix} \widehat{\beta}_0^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}} \\ \widehat{\beta}_1^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}} \\ \vdots \\ \widehat{\beta}_k^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \widehat{\beta}_0^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}} \\ \widehat{\beta}_1^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}} \\ \vdots \\ \widehat{\beta}_{19}^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 16,41 \\ 0,03 \\ 7,46 \\ -6,83 \\ -1,56 \\ -4,92 \\ 1,74 \\ 0,00 \\ -0,49 \\ 37,00 \\ 10,95 \\ 1,51 \\ 7,22 \\ 5,16 \\ 21,12 \\ 75,09 \\ 0,19 \\ 25,65 \\ 2,72 \\ -8,45 \end{pmatrix} \quad (126)$$

kde:

$\widehat{\beta}_{\gamma_{opt}}^{\zeta_{opt}}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $p$  složek vypočtený vícenásobnou lineární regresí pro subset sídelních jednotek  $\gamma_{opt}$  sestavený pro kombinaci vstupů modelu  $i = \zeta_{opt}$  [-],

$\widehat{\beta}_0^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}$  ..... odhad absolutního regresního parametru vypočtený vícenásobnou lineární regresí pro subset  $\gamma_{opt}$  pro kombinaci vstupů modelu  $i = \zeta_{opt}$  – teoretický počet spojů obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě nulové hodnoty všech  $k$  vstupů pro sídelní jednotku  $m$  [-],

$\widehat{\beta}_1^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}$  ..... odhad regresního parametru nezávislé proměnné  $x_1$  vypočtený vícenásobnou lineární regresí pro subset  $\gamma_{opt}$  pro kombinaci vstupů modelu  $i = \zeta_{opt}$  – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\widehat{\beta}_0^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}$  obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_1^m$  je roven jedné [-],

$\widehat{\beta}_k^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}$  ..... odhad regresního parametru nezávislé proměnné  $x_k$  vypočtený vícenásobnou lineární regresí pro subset  $\gamma_{opt}$  pro kombinaci vstupů modelu  $i = \zeta_{opt}$  – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\widehat{\beta}_0^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}$  obsluhujících sídelní jednotku  $m$

za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_k^m$  je roven jedné [-],

$\hat{\beta}_{19}^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}$  ..... odhad regresního parametru nezávislé proměnné  $x_{19}$  vypočtený vícenásobnou lineární regresí pro subset  $\gamma_{opt}$  pro kombinaci vstupů modelu  $i = \zeta_{opt}$  – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\hat{\beta}_0^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}$  obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_{19}^m$  je roven jedné [-].

Na vypočtení optimálních hodnot vektoru nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  navazuje opět vypočtení odhadu predikovaných hodnot  $\hat{y}_{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}^m$  a chyb modelu  $e_{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}^m$  pro jednotlivé sídelní jednotky  $m$  s pomocí vzorců (89) a (90). Na základě ordinálního pořadí čtverců chyb modelu odvozeného dle vzorce (91) je určeno nové ordinální pořadí sídelních jednotek  $[m_{\gamma_{opt}}^{\zeta_{opt}}]$ . Hodnoty  $\hat{y}_{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}^m$ ,  $e_{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}^m$  a  $[m_{\gamma_{opt}}^{\zeta_{opt}}]$  pro vybrané sídelní jednotky  $m$  jsou sestaveny v tabulce Tabulka 34. Obdobný přehled pro všechny sídelní jednotky  $m$  zahrnuté do modelu je sestaven v Příloze I.

**Tabulka 34** Odhady počtu spojů ve vybraných sídelních jednotkách  $m$ , chyby těchto odhadů vypočtených vícenásobnou lineární regresí a nové hodnoty identifikátoru sídelních jednotek pro ordinální pořadí dle velikosti čtverců chyb odhadu pro subset  $\gamma_{opt}$

$m$	Název sídelní jednotky	Odhad počtu spojů v sídelní jednotce $\hat{y}_{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}^m$	Chyba modelu pro sídelní jednotku $e_{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}^m$	Identifikátor sídelní jednotky dle ordinálního pořadí čtverců chyb odhadu $[m_{\gamma_{opt}}^{\zeta_{opt}}]$
2	Arnultovice	22,24	2,76	20
9	Čeřeniště	18,35	-13,35	71
11	Český Újezd	130,02	-0,02	2
12	Dolní Zálezly	30,98	15,02	76
14	Dubice	23,65	-5,65	42
26	Knínice	36,68	5,32	39
32	Libouchec	71,39	41,61	90
37	Lysá	9,83	-5,83	44
52	Ostrov	5,62	-5,62	41
53	Petrovice	30,18	9,82	61
66	Řehlovice	49,32	-5,32	40
67	Řetouň	9,74	2,26	16
68	Sebuzín	91,12	-23,12	85
80	Telnice	17,32	11,68	65
84	Ústí nad Labem	2498,70	-0,30	4

Zdroj: autor

Hodnoty v tabulce Tabulka 34 jsou výstupem z metody LTS pro jí identifikovaný optimální subset  $\gamma_{opt}$ . V dalším výpočetním výstupu budou označovány jako výstup z metody LTS, tedy  $\hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m$  a  $e_{LTS, \zeta_{opt}}^m$ .

#### *Volba jednotlivých vstupních proměnných do finální podoby modelu*

V tomto kroku jsou na základě předchozího provedení  $N$  iterací vybrány konkrétní limitní hodnoty  $\zeta$ . K vyhodnocení je užit reziduální součet čtverců  $S_R^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}$ . Dosazením do vzorce (96) je spočítán reziduální součet čtverců pro kombinaci vstupů  $\zeta_{opt}$ , ten je vypočítán ve vzorci (127).

$$S_R^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}} = \sum_{\substack{m=1 \\ m \in U_{\zeta_{opt}}}^n} e_{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}^m{}^2 = \sum_{\substack{m=1 \\ m \in U_{\zeta_{opt}}}^n} (y^m - \hat{y}_{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}^m)^2 = 7086,1 \quad (127)$$

kde:

- $S_R^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}$  ..... reziduální součet čtverců pro kombinaci vstupů modelu  $i = \zeta_{opt}$  sestavený pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  [-],
- $m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],
- $U_{\zeta_{opt}}$  ..... množina sídelních jednotek  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese pro finální volbu vstupů modelu [-],
- $n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],
- $e_{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}^m$  ..... reziduum  $m$ -tého pozorování pro kombinaci vstupů modelu  $i = \zeta_{opt}$  sestaveného pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  [-],
- $y^m$  ..... skutečná empiricky zjištěná hodnota  $m$ -tého pozorování nezávislé proměnné [-],
- $\hat{y}_{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený metodou LTS robustní regrese pro kombinaci vstupů modelu  $i = \zeta_{opt}$  [-].

Dalším krokem je testování statistické významnosti jednotlivých vstupních proměnných  $x_j$ , respektive jejich parametrů  $\hat{\beta}_j^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}$ . Pro tento test je pro každý parametr  $\hat{\beta}_j^{\gamma_{opt}, \zeta_{opt}}$  sestavena dvojice hypotéz  $H_0$  a  $H_A$  uvedená ve vzorci (97). Následně je testováno, zda testové kritérium  $t$ -testu pro odhad parametru  $\beta_j$  je elementem kritického oboru  $W_t^\beta$ .

Tento kritický obor je vypočten dosazením do vzorců (98), (99) a (100) <sup>18</sup>, toto dosazení je uvedeno ve vzorci (128). Hladina spolehlivosti  $w$  byla nastavena na 90 %. Hodnota  $t_{0,95}(77)$  je odečtena ze statistických tabulek Studentova rozdělení pravděpodobnosti (Hála a Jarušková, 1999).

$$W_t^\beta = \left( t_{1-\frac{\alpha_t^\beta}{2}}(v_t^\beta); \infty \right) = \left( t_{1-\frac{1-w}{2}}(n - (k - 1)); \infty \right) = \left( t_{1-\frac{1-0,90}{2}}(95 - (19 - 1)); \infty \right) = \left( t_{0,95}(77); \infty \right) = \langle 1,665; \infty \rangle \quad (128)$$

kde:

$W_t^\beta$  ..... kritický obor hodnot testovacích statistik parametrů  $\beta_j$  analyzovaného lineárního regresního modelu [-],

$t_{1-\frac{\alpha_t^\beta}{2}}(v_t^\beta)$  ..... hodnota odečtená ze statistických tabulek Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro hladinu spolehlivosti  $\left(1 - \frac{\alpha_t^\beta}{2}\right)$  a  $v_t^\beta$  stupňů volnosti [-],

$\alpha_t^\beta$  ..... kvantil Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro test významnosti parametru  $\beta$  [-],

$v_t^\beta$  ..... počet stupňů volnosti Studentova  $t$  rozdělení pravděpodobnosti pro test významnosti parametru  $\beta$  [-],

$w$  ..... požadovaná hladina spolehlivosti [%],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-].

Testovací statistika  $t_{\beta_j}^{LTS, \zeta_{opt}}$  pro každý parametr  $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  je vypočtena dle vzorce

(101). Vypočtené hodnoty pro všechny parametry odpovídající jednotlivým proměnným  $x_j$  jsou uvedeny v tabulce Tabulka 35.

<sup>18</sup> Vzhledem ke skutečnosti, že již v tabulce Tabulka 29 byla z modelu de facto vyloučena proměnná  $\mathbf{x}_7^0$  a následně metoda LTS vyloučila všechna pozorování, která nenulové hodnoty u proměnné  $\mathbf{x}_{12}$ , je skutečný počet proměnných zahrnutých v modelu o dvě nižší než uváděná hodnota  $k$ , proto je hodnota  $k$  ve výpočtu ponížena naznačenou úpravou  $(k - 2)$ .

**Tabulka 35** Odvození statistické významnosti jednotlivých parametrů  $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$ 

Parametr $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$	Proměnná $x_j$	Krátký popis proměnné $x_j$	Standardní chyba $s(\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}})$	Testovací kritérium $t_{\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}}$	Statisticky významné
$\hat{\beta}_0^{LTS, \zeta_{opt}}$	---	Absolutní regresní parametr	11,178	1,668	ano
$\hat{\beta}_1^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_1$	Počet obyvatel sídelní jednotky	0,001	19,725	ano
$\hat{\beta}_2^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_2$	Podíl žen na počtu obyvatel	20,478	0,364	ne
$\hat{\beta}_3^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_3$	Podíl EAO na počtu obyvatel	9,765	-0,700	ne
$\hat{\beta}_4^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_4$	Míra nezaměstnanosti	8,232	-0,189	ne
$\hat{\beta}_5^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_5$	Počet ZŠ v sídelní jednotce	4,844	-1,016	ne
$\hat{\beta}_6^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_6$	Sídla nad 2.000 obyvatel do 3 km	4,268	2,407	ano
$\hat{\beta}_7^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_7$	<i>neužito</i>	---	---	ne
$\hat{\beta}_8^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_8$	Vzdálenost do Ústí nad Labem	0,450	-1,083	ne
$\hat{\beta}_9^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_9$	Administrativní součást Ústí nad Labem	10,948	3,380	ano
$\hat{\beta}_{10}^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_{10}$	Bývalá administrativní součást Ústí nad Labem	5,778	1,894	ano
$\hat{\beta}_{11}^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_{11}$	Státní hranice se SRN do 3 km	5,894	0,257	ne
$\hat{\beta}_{12}^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_{12}$	Významná kulturní památka či zařízení	8,873	0,814	ne
$\hat{\beta}_{13}^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_{13}$	Poloha sídelní jednotky na území CHKO	4,786	2,077	ano
$\hat{\beta}_{14}^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_{14}$	Pozemní komunikace s intenzitou 5.000 – 9.999 vozidel za 24 hodin	5,985	3,528	ano
$\hat{\beta}_{15}^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_{15}$	Pozemní komunikace s intenzitou nad 10.000 vozidel za 24 hodin	13,337	5,630	ano
$\hat{\beta}_{16}^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_{16}$	Křižovatka pozemních komunikací s intenzitou nad 3.000 vozidel za 24 hodin či styk železničních tratí	9,388	0,021	ne
$\hat{\beta}_{17}^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_{17}$	Železniční stanice či zastávka na území	5,793	4,428	ano
$\hat{\beta}_{18}^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_{18}$	Nadmořská výška nad 400 m n.m.	2,887	0,944	ne
$\hat{\beta}_{19}^{LTS, \zeta_{opt}}$	$x_{19}$	Počet obyvatel sídelní jednotky pod 35 osob	3,095	-2,731	ano

Zdroj: autor

Na základě posouzení statistické významnosti parametrů  $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  byly z modelu vyloučeny vstupní proměnné  $x_j$ , u jejichž parametru  $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  nebyla aplikací vzorce (102) prokázána statistická významnost. Proto v dalším výpočtu již nebudou uvažovány následující proměnné:

- $x_2$  – podíl žen na počtu obyvatel sídelní jednotky  $m$ ,
- $x_3$  – podíl ekonomicky aktivního obyvatelstva na počtu obyvatel sídelní jednotky  $m$ ,
- $x_4$  – míra nezaměstnanosti v sídelní jednotce  $m$ ,
- $x_5$  – počet základních škol v sídelní jednotce  $m$ ,
- $x_7$  – počet jednotek s počtem obyvatel z intervalu  $\langle D; A \rangle$  vzdálených ne více, než je definovaná limitní vzdálenost  $B^{19}$ ,
- $x_8$  – vzdálenost sídelní jednotky  $m$  do Ústí nad Labem,
- $x_{11}$  – státní hranice se Spolkovou republikou Německo do 3 km,
- $x_{12}$  – existence významné kulturní památky či kulturně-společenského zařízení na území sídelní jednotky  $m$ ,
- $x_{16}$  – poloha sídelní jednotky  $m$  u křižovatky významných pozemních komunikací, které obě přesahují limitní intenzitu provozu 3.000 vozidel za 24 hodin, nebo u styčné, uzlové, odbočné či křižovatkové železniční stanice drah s pravidelnou osobní železniční dopravou,
- $x_{18}$  – nadmořská výška sídelní jednotky  $m$  vyšší než 400 m n.m.

V návaznosti na to je třeba upravit podobu matic  $\mathbf{X}_{\zeta_{opt}}$  a variantu této matice sestavené pouze pro sídelní jednotky  $m$ , které jsou součástí množiny  $U_{\zeta_{opt}}$ , tedy nebyly vyjmuty metodou LTS. Z matic je třeba vyjmout ty sloupce vektorů proměnných  $\mathbf{x}_j$ , které již nejsou nadále součástí modelu. Upravené matice  $\mathbf{X}^{opt}$  a  $\mathbf{X}_{LTS}^{opt}$  sestavené s využitím vzorců (104) a (105) jsou uvedeny v přílohách J a K.

### *Zahrnutí prvků hřebenové regrese*

Posledním implementovaným prvkem je hřebenová regrese, která řeší problém existující výrazné multikolinearity v modelu. Prvotním krokem je výpočet odhadu konstanty hřebenové regrese  $h$ . Ten je proveden pomocí kritéria  $GCV_{LOO}$ , jeho výpočet je proveden dle vzorce (106), po dosazení je pro tento statistický model vypočtena hodnota  $GCV_{LOO}$  rovna 9,298. Následně dojde dle vzorce (108) k vypočtení vektoru  $\hat{\beta}_{HR}$ , který už je vychýlen právě

<sup>19</sup> Tato proměnná byla de facto vyloučena již při volbě optimální kombinace vstupů modelu  $\zeta_{opt}$ .



zahrnutím odhadu konstanty hřebenové regrese  $\hat{h}$  do kriteriální minimalizační funkce, jak je uvedena ve vzorci (107). Rozpad složek vektoru  $\hat{\beta}_{HR}$  je uveden ve vzorci (129).

$$\hat{\beta}_{HR} = \begin{pmatrix} \hat{\beta}_0^{HR} \\ \hat{\beta}_1^{HR} \\ \vdots \\ \hat{\beta}_{k-v}^{HR} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{\beta}_0^{HR} \\ \hat{\beta}_1^{HR} \\ \vdots \\ \hat{\beta}_{19-9}^{HR} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{\beta}_0^{HR} \\ \hat{\beta}_1^{HR} \\ \vdots \\ \hat{\beta}_{10}^{HR} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 18,01 \\ 0,02 \\ 10,13 \\ 30,00 \\ 15,62 \\ 2,89 \\ 17,91 \\ 30,89 \\ 22,18 \\ -13,59 \end{pmatrix} \quad (129)$$

kde:

- $\hat{\beta}_{HR}$  ..... vektor nejlepších nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  o počtu  $(p - v)$  složek vypočtený hřebenovou regresí [-],
- $\hat{\beta}_0^{HR}$  ..... odhad absolutního regresního parametru vypočtený hřebenovou regresí – teoretický počet spojů obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě nulové hodnoty všech  $k$  vstupů pro sídelní jednotku  $m$  [-],
- $\hat{\beta}_1^{HR}$  ..... odhad regresního parametru nezávislé proměnné  $x_1$  hřebenovou regresí – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\hat{\beta}_0^{HR}$  obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_1^m$  je roven jedné [-],
- $\hat{\beta}_{k-v}^{HR}$  ..... odhad regresního parametru nezávislé proměnné  $x_{k-v}$  hřebenovou regresí – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\hat{\beta}_0^{HR}$  obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_{k-v}^m$  je roven jedné [-],
- $k$  ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],
- $v$  ..... počet proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku,  $v \in \langle 1; k - 1 \rangle \wedge v \in \mathbb{N}$  [-],
- $\hat{\beta}_{10}^{HR}$  ..... odhad regresního parametru nezávislé proměnné  $x_{10}$  hřebenovou regresí – počet spojů nad počet daný odhadem absolutního parametru  $\hat{\beta}_0^{HR}$  obsluhujících sídelní jednotku  $m$  za stanovenou časovou jednotku v případě, že vstup  $x_{10}^m$  je roven jedné [-].

Na vypočtení optimálních hodnot vektoru nestranných lineárních odhadů parametru  $\beta$  lze navázat dopočítáním výsledného odhadu počtu spojů dopravní obslužnosti za jeden pracovní den  $\hat{y}_{HR}^m$  pro každou sídelní jednotku  $m$  dle vzorce (109), resp. (110). Následně

je možné dopočítat i chyby modelu  $e_{HR}^m$  dle vzorce (111). Porovnání hodnot výsledných odhadů počtů spojů  $\hat{y}_{HR}^m$  ve vybraných sídelních jednotkách  $m$  s referenčními odhady  $y^m$  pro tyto sídelní jednotky  $m$  a chyby odhadů  $e_{HR}^m$  jsou sestaveny do tabulky Tabulka 36.

**Tabulka 36** Výsledné odhady počtu spojů ve vybraných sídelních jednotkách  $m$  a chyby těchto odhadů vypočtených hřebenovou regresí včetně porovnání s referenčním stavem

$m$	Název sídelní jednotky	Referenční počet spojů v sídelní jednotce $y^m$	Odhad počtu spojů v sídelní jednotce $\hat{y}_{HR}^m$	Chyba modelu pro sídelní jednotku $e_{HR}^m$
2	Arnultovice	25,0	22,54	2,46
9	Čeřeniště	5,0	22,42	-17,42
11	Český Újezd	130,0	108,67	21,33
12	Dolní Zálezly	46,0	33,63	12,37
14	Dubice	18,0	27,00	-9,00
26	Knínice	42,0	37,04	4,96
32	Libouchec	113,0	75,60	37,40
37	Lysá	4,0	7,50	-3,50
52	Ostrov	0,0	7,54	-7,54
53	Petrovice	40,0	37,53	2,47
66	Řehlovice	44,0	53,29	-9,29
67	Řetouň	12,0	7,85	4,15
68	Sebuzín	68,0	83,48	-15,48
80	Telnice	29,0	24,39	4,61
84	Ústí nad Labem	2.498,4	2.374,14	124,26

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2019), CHAPS a Ministerstvo dopravy ČR (2019), SŽDC (2019a), autor

Přehled výsledných odhadů  $\hat{y}_{HR}^m$  pro všechny sídelní jednotky  $m$  zahrnuté v modelu včetně chyb  $e_{HR}^m$  jejich odhadů je zpracován v Příloze L.

#### 4.3.5 Zhodnocení sestaveného modelu

Na sestavení modelu navazuje jeho hodnocení, které má dvě složky. První z nich je matematicko-statistická a vyhodnocuje statistickou věrohodnost modelu, druhou složkou je expertní kritické zhodnocení řešitelem na základě logických vazeb, poznatků a empirie.

##### Zhodnocení statistické významnosti modelu

Zhodnocení statistické významnosti bude provedeno výpočtem adjungovaného indexu determinace  $R_{adj,HR}^2$  a celkovým  $F$ -testem. Adjungovaný index determinace  $R_{adj,HR}^2$  je vypočten dle vzorce (112). Dosazení konkrétních hodnot sestavovaného modelu do vztahu je uvedeno ve vzorci (130).

$$\begin{aligned}
R_{adj,HR}^2 &= 1 - (1 - R_{HR}^2) \times \frac{n-1}{n-(k-v)} = 1 - \left(1 - \frac{S_T^{HR}}{S_C^{HR}}\right) \times \frac{n-1}{n-k+v} = \\
&= 1 - \left[1 - \frac{\sum_{m=1}^n \left(\hat{y}_{HR}^m - \frac{\sum_{m=1}^n \hat{y}_{HR}^m}{n}\right)^2}{\sum_{m=1}^n \left(y^m - \frac{\sum_{m=1}^n y^m}{n}\right)^2}\right] \times \frac{n-1}{n-k+v} = \\
&= 1 - \left(1 - \frac{5.503.599,54}{6.137.071,25}\right) \times \frac{95-1}{95-(19-10)} = 88,71 \%
\end{aligned} \tag{130}$$

kde:

$R_{adj,HR}^2$  ..... adjungovaný index determinace pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku po aplikaci hřebenové regrese

[-],

$R_{HR}^2$  ..... index determinace pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku po aplikaci hřebenové regrese

[-],

$n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],

$k$  ..... počet regresních parametrů,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$v$  ..... počet proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku,  $v \in \langle 1; k-1 \rangle \wedge v \in \mathbb{N}$  [-],

$S_T^{HR}$  ..... teoretický součet čtverců pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku po aplikaci hřebenové regrese

[-],

$S_C^{HR}$  ..... celkový součet čtverců pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku po aplikaci hřebenové regrese

[-],

$m$  ..... identifikátor konkrétní sídelní jednotky,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$ , kde  $n$  ( $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$ ) je počet sledovaných sídelních jednotek na vymezeném území regionu [-],

- $\hat{y}_{HR}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený hřebenovou regrese [-],
- $y^m$  ..... referenční hodnota počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku [-].

Přestože užití hřebenové regrese logicky vede ke zhoršení výsledku tohoto ukazatele, dosažená hodnota adjungovaného indexu determinace 88,71 % prokazuje, že ze statistického pohledu model přes užití hřebenové regrese věrně popisuje skutečnost a dokáže predikovat výraznou část rozptylu vypočteného odhadu počtu spojů dopravní obslužnosti.

Druhý test statistické významnosti modelu je proveden celkovým  $F$ -testem.  $F$ -test musí být proveden nad regresním modelem, který byl výstupem robustní regrese metodou LTS. Užití hřebenové regrese vede k zániku normality náhodných chyb a vyrovnaného odhadu počtu spojů, což vede k neplatnosti nutných předpokladů testu. Účelem  $F$ -testu je rozhodnout mezi hypotézami  $H_0$  a  $H_A$ , kde nulová hypotéza je postavena na předpokladu, že ani jeden z parametrů  $\beta_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  nemá statisticky významný vliv na výslednou hodnotu vysvětlované proměnné  $y$ , alternativní hypotéza říká, že existuje alespoň jeden parametr  $\beta_j^{LTS, \zeta_{opt}}$ , který statisticky významný vliv na hodnotu  $\hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m$  má. Hypotézy jsou sestaveny ve vzorci (113).

Při  $F$ -testu je opět vyhodnocována incidence testovací statistiky  $F_{LTS, \zeta_{opt}}$  s oborem kritických hodnot  $W^F$ . Tento obor je sestaven s využitím vzorců (114) až (117). Dosazení do vzorců je provedeno ve vzorci (131). Hladina spolehlivosti  $w$  je v souladu s předchozími testy určena na hladině 90 %. Hodnota  $F_{0,90}(8,85)$  je odečtena ze statistických tabulek Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti.

$$\begin{aligned}
 W^F &= \langle F_{1-\alpha^F}(v_1^F, v_2^F); \infty \rangle = \langle F_{1-1-\frac{w}{100}}(k-v-1, n-(k-v)); \infty \rangle = \\
 &= \langle F_{\frac{w}{100}}(k-v-1, n-k+v); \infty \rangle = \tag{131} \\
 &= \langle F_{\frac{90}{100}}(19-10-1,95-19+9); \infty \rangle = \langle F_{0,90}(8,85); \infty \rangle = \langle 2,74; \infty \rangle
 \end{aligned}$$

kde:

- $W^F$  ..... kritický obor hodnot testovací statistiky  $F$ -testu [-],
- $F_{1-\alpha^F}(v_1^F, v_2^F)$  ..... hodnota odečtená ze statistických tabulek Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti pro hladinu spolehlivosti  $(1 - \alpha^F)$  a  $v_1^F, v_2^F$  stupňů volnosti [-],
- $\alpha^F$  ..... kvantil Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti [-],

- $v_1^F$  ..... první stupeň volnosti Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti [-],
- $v_2^F$  ..... druhý stupeň volnosti Fisherova-Snedecorova  $F$  rozdělení pravděpodobnosti [-],
- $w$  ..... požadovaná hladina spolehlivosti [%],
- $k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],
- $v$  ..... počet proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku,  $v \in \langle 1; k - 1 \rangle \wedge v \in \mathbb{N}$  [-],
- $n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-].

Hodnota testovací statistiky  $F_{LTS, \zeta_{opt}}$  je vypočtena dosazením do vzorce (118).

Výpočet je sestaven ve vzorci (132).

$$\begin{aligned}
 F_{LTS, \zeta_{opt}} &= \frac{S_T^{\zeta_{opt}}}{\frac{S_R^{\zeta_{opt}}}{n - (k - v)}} = \frac{\frac{\sum_{m=1}^n (\hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m - \bar{\hat{y}})^2}{k - v - 1}}{\frac{\sum_{m=1}^n (y^m - \hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m)^2}{n - k + v}} = \frac{\sum_{m=1}^n \left( \hat{y}^m - \frac{\sum_{m=1}^n \hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m}{n} \right)^2}{\frac{\sum_{m=1}^n e_{LTS, \zeta_{opt}}^m{}^2}{n - k + v}} = \\
 &= \frac{6.117.681,58}{\frac{19 - 10 - 1}{23.007,22}} = 2.858,45 \tag{132} \\
 &= \frac{6.117.681,58}{95 - 19 + 10}
 \end{aligned}$$

kde:

$F_{LTS, \zeta_{opt}}$  ..... testovací statistika  $F$ -testu pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku sestavený pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese [-],

$S_T^{\zeta_{opt}}$  ..... teoretický součet čtverců pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku sestavený pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese [-],

$k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],

$v$  ..... počet proměnných  $j$ , které nemají statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku,  $v \in \langle 1; k - 1 \rangle \wedge v \in \mathbb{N}$  [-],

- $S_R^{\zeta_{opt}}$  ..... reziduální součet čtverců pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku sestavený pouze pro takové sídelní jednotky  $m$ , které byly zahrnuty do subsetu  $\gamma_{opt}$  metody LTS robustní regrese [-],
- $r$  ..... usekávací konstanta, počet sídelních jednotek  $m$  zahrnutých do jednotlivých subsetů  $\gamma$  minimalizačního kritéria LTS,  $r \in \langle 1; n \rangle \wedge r \in \mathbb{N}$  [-],
- $m$  ..... identifikátor konkrétní sídelní jednotky,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],
- $n$  ..... počet zahrnutých sídelních jednotek,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],
- $\hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m$  ..... odhad počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku vypočtený metodou LTS robustní regrese pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku [-],
- $\bar{y}$  ..... průměrná predikovaná hodnota pro všech  $n$  referenčních hodnot počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku [-],
- $y^m$  ..... referenční hodnota počtu spojů dopravní obslužnosti v sídelní jednotce  $m$  za stanovenou časovou jednotku [-],
- $e_{LTS, \zeta_{opt}}^m$  ..... chyba modelu vypočteného metodou LTS robustní regrese pro finální hodnoty vstupů nezávislých proměnných, u nichž byl prokázán statisticky významný vliv na výsledný počet spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku [-].

Vypočtená hodnota je elementem kritického oboru hodnot  $W^F$ , je tedy přijata hypotéza alternativní  $H_A$ , která říká, že statistický model je věrohodný a má schopnost predikovat odhady počtu spojů dopravní obslužnosti za časovou jednotku jednoho pracovního dne v zahrnutých sídelních jednotkách  $m$ .

Model dosahuje velmi příznivé hodnoty spolehlivosti, adjungovaný index determinace  $R_{adj, HR}^2$  pro tento model dosáhl hodnoty 88,71 %, regresní funkce tedy popisuje skutečnost velmi dobře. Spolehlivost modelu přesvědčivě prokazuje také celkový  $F$ -test regresní funkce.

### *Kritické zhodnocení výsledků modelu*

Statistické zhodnocení prokázalo významnost modelu z pohledu matematicko-statistického, je třeba ověřit ještě logickou správnost sestaveného modelu. Je třeba zhodnotit logické vazby v modelu a porovnat výsledky a jejich dopady do výsledné podoby modelu s empirickými znalostmi.

Z modelu na základě neprokázání statisticky významného vlivu byly vyloučeny proměnné zaměřené na demografické charakteristiky –  $x_2$  (podíl žen na počtu obyvatel sídelní jednotky  $m$ ),  $x_3$  (podíl ekonomicky aktivního obyvatelstva na počtu obyvatel sídelní jednotky  $m$ ) a  $x_4$  (míra nezaměstnanosti v sídelní jednotce  $m$ ), nevýznamný statistický vliv na výslednou podobu odhadu zde je pochopitelný, jedná se o ukazatele, které v rámci území velikosti okresu nebývají výrazněji proměnné, pokud existují sídelní jednotky  $m$  s výrazně odlišnější charakteristikou, jedná se obvykle pouze o malé množství sídelních jednotek  $m$ .

Vyloučení proměnné  $x_5$  (počet základních škol v sídelní jednotce  $m$ ) není překvapivé, relativně nižší statistický význam tohoto faktoru, někdy pod hranicí statistické významnosti, je sledován i v jiných regionech.

Proměnná  $x_7$  byla vyloučena při volbě optimální kombinace limitních hodnot  $A$ ,  $B$  a  $D$ . Vzhledem k tomu, že byla určena limitní hodnota  $B = 3 \text{ km}$ , pak při porovnání s tabulkou Limitní hodnoty  $A$ ,  $B$  a  $D$  budou zadány variantně, budou pro ně sestaveny jednotlivé kombinace hodnot vstupů  $i$  a bude vyhodnocena jejich statistická významnost s cílem najít jejich takovou kombinaci, která nejvíce přispívá k vysvětlení rozptylu odhadu modelem. Hodnoty  $A$  a  $D$  budou posuzovány v rozsahu od 2.000 do 5.000 obyvatel s krokem 1.000.

Tabulka 12 a důsledkem stanovení  $B$ , že sídla Jílové, Krupka a Teplice při tříkilometrovém limitu nebudou zahrnuta, ztrácí stratifikace opodstatnění.

Oproti jiným regionům je odlišné, že  $t$ -test vyloučil statistickou významnost proměnné  $x_8$  (vzdálenost sídelní jednotky  $m$  do Ústí nad Labem). Okres Ústí nad Labem je však poměrně méně rozsáhlý a nedaleko za hranicemi kraje se nachází významnější sídla, je tedy možné, že význam Ústí nad Labem jako centra regionu je tímto oslaben. Pro další závěry by však bylo nutné problematiku dále testovat.

Proměnné  $x_{11}$  (státní hranice se Spolkovou republikou Německo do 3 km) a  $x_{12}$  (existence významné kulturní památky či kulturně-společenského zařízení na území sídelní jednotky  $m$ ) dosahují nenulové hodnoty pouze u nízkého počtu sídelních jednotek  $m$ , úsek kolem státní hranice je poměrně krátký a hustota osídlení je nízká, stejně tak proměnná  $x_{12}$

reflektuje pouze velmi malý počet takových památek či zařízení na území regionu, navíc v regionálním centru, jejich vyloučení bylo očekávatelné.

V porovnání s jiným regiony je nejvýraznější rozdíl v nezařazení proměnné  $x_{16}$  (poloha sídelní jednotky  $m$  u křižovatky významných pozemních komunikací, které obě přesahují limitní intenzitu provozu 3.000 vozidel za 24 hodin, nebo u styčné, uzlové, odbočné či křižovatkové železniční stanice drah s pravidelnou osobní železniční dopravou) do modelu. Autor se domnívá, že je to způsobeno situací, kdy výrazná část těchto křižovatek je odvozena od polohy dálnice D8 a jejich přivaděčů, po dálnici D8 však vyjma jednoho spoje č. 106 linky 592451 v úseku mezi exity 72 (MÚK Ústí nad Labem – Předlice) a 87 (MÚK Petrovice) a dvou zrychlených ranních spojů č. 101 a 105 linky 592457 v úseku mezi exity 64 (MÚK Řehlovice) a 69 (MÚK Trmice) nejsou vedeny žádné spoje veřejné linkové autobusové dopravy (Dopravní společnost Ústeckého kraje, 2019a,b).

Vzhledem k tomu, že s výjimkou oblastí podél řek Labe a Bíliny je převážná většina území v hornatém terénu Krušných hor, Českého středohoří a Tiských stěn, není vyloučení proměnné  $x_{18}$  (nadmořská výška sídelní jednotky  $m$  vyšší než 400 m n.m.) překvapivé, protože hodnoty 1 u ní dosahovala většina sídelních jednotek  $m$ .

Dále se logická kontrola zaměřuje na hodnoty parametrů  $\beta$  jednotlivých proměnných zařazených do výsledného modelu:

- U parametru  $\hat{\beta}_1^{LTS, \zeta_{opt}}$  proměnné reflektující počet obyvatel sídelní jednotky  $m$  se jedná o velmi nízkou kladnou hodnotu 0,02, která logicky konvenuje s předpokladem, že s růstem počtu obyvatel roste počet spojů dopravní obslužnosti a zároveň v lineárním pohledu respektuje míru přírůstku s každým dalším obyvatelem.
- Parametr  $\hat{\beta}_6^{LTS, \zeta_{opt}}$  proměnné zaměřené na hustotu osídlení v blízkém okolí sídelní jednotky  $m$  dosahuje kladného čísla o hodnotě 10,13, což opět odpovídá předpokladům.
- Výrazný vliv na výslednou podobu modelu má parametr  $\hat{\beta}_9^{LTS, \zeta_{opt}} = 30$  proměnné indikující fakt, že sídelní jednotka  $m$  je administrativní součástí okresního města Ústí nad Labem. Vzhledem ke skutečnosti, že zajištěný rozsah MHD obvykle výrazně navyšuje obvyklý rozsah veřejné hromadné dopravy, zde je hodnota opět logicky v pořádku.
- Méně výrazný vliv má navazující vstup sledující bývalé administrativní součásti města Ústí nad Labem. Stále je zde dle modelu o 15,62 vyšší počet spojů než ve srovnatelné



sídelní jednotce  $m$ , která nebyla v posledních 30 letech vyčleněna z města Ústí nad Labem.

- Překvapivě vysoká hodnota 2,89 je dosažena u parametru proměnné  $\hat{\beta}_{13}^{LTS, \zeta_{opt}}$  indikující umístění sídelní jednotky  $m$  na území chráněné krajinné oblasti. Teoretický předpoklad nicméně byl, že se bude jednat o kladnou hodnotu. Zároveň však může tento výsledek indikovat jinou společnou charakteristiku, která do modelu nebyla zahrnuta a matematicky se její vyjádření nejvíce blížilo rozložení této proměnné.
- Oba parametry  $\hat{\beta}_{14}^{LTS, \zeta_{opt}}$  a  $\hat{\beta}_{15}^{LTS, \zeta_{opt}}$  proměnných indikujících polohu sídelní jednotky  $m$  na pozemní komunikaci s vysokou intenzitou provozu dosahují vyšších kladných čísel 17,91 a 30,89. Toto opět odpovídá předpokladu, že struktura dopravní infrastruktury výrazně ovlivňuje rozsah dopravní obslužnosti a přítomnost takové pozemní komunikace v sídelní jednotce  $m$  jej výrazně navyšuje. Parametr u proměnné zaměřené na pozemní komunikaci s vyššími intenzitami je vyšší, což opět logicky odpovídá.
- Poloha sídelní jednotky  $m$  na železniční trati s pravidelnou osobní železniční dopravou vede k relativně výraznému nárůstu rozsahu dopravní obslužnosti o 22,18 spoje v dané sídelní jednotce  $m$ , což je opět v souladu s předpoklady.
- Poslední vyhodnocovaný parametr  $\hat{\beta}_{19}^{LTS, \zeta_{opt}}$  je spojen s proměnnou indikující počet obyvatel sídelní jednotky  $m$  nižší než 35 osob. Zde záporná hodnota parametru  $-13,59$  reflektuje nižší rozsah dopravní obslužnosti v souladu s předpoklady.

Nejvyšších hodnot rozdílu mezi predikovanou a referenční hodnotou počtu spojů veřejné hromadné dopravy za jeden pracovní den bylo dosaženo u sídelních jednotek  $m$ , které byly vyloučeny metodou LTS jako odlehlá pozorování, výsledný model tedy opět odpovídá předpokladům. Toto zároveň reflektuje i hodnota adjungovaného indexu determinace, který nedosahuje 80 %, oproti hodnotě po LTS jde o mírný pokles, což odpovídá principu hřebenové regrese.

Celkově hodnocení logickým úsudkem poukazuje na soulad s předpoklady i empirickými znalostmi. Model lze tedy považovat za vhodný a správně reflektující referenční stav dopravní obslužnosti.

#### 4.3.6 Interpretace výsledků

Vypočtené numerické výsledky sestaveného modelu je třeba vhodným způsobem interpretovat, přičemž zásadní je slovní interpretace výsledků s důrazem na zjištěná fakta a logické vazby mezi nimi. Na tuto interpretaci naváže využití modelu pro sestavení míry vlivu jednotlivých vstupů na predikovaný rozsah dopravní obslužnosti v sídelních jednotkách  $m$ .

Obecná interpretace regresní funkce říká, že v každé sídelní jednotce  $m$  posuzovaného regionu existuje základní počet 18,01 spojů, tento počet je následně navýšen o 0,02 s každým dalším obyvatelem sídelní jednotky  $m$ , při existenci sídla o velikosti větší než 2.000 obyvatel do 3 km od posuzované sídelní jednotky  $m$  narůstá počet spojů o 10,13 s každým takovým sídlem, jedná-li se o administrativní součást města Ústí nad Labem, pak je počet spojů vyšší o 30, v případě bývalé administrativní součásti o 15,62. Nachází-li se sídelní jednotka  $m$  na území chráněné krajinné oblasti České středohoří či Labské pískovce, počet spojů veřejné hromadné dopravy ji obsluhující je vyšší o 2,89. Prochází-li sídelní jednotkou  $m$  pozemní komunikace s intenzitou provozu 5.000 až 9.999 vozidel za 24 hodin, pak ji obsluhuje o 17,91 spojů více, pokud je na území sídelní jednotky  $m$  pozemní komunikace s ještě vyššími intenzitami provozu překračujícími 10.000 vozidel za den, počet spojů je vyšší o 30,89. Existence železniční zastávky či stanice na pravidelně obsluhované železniční trati s osobní dopravou vede k nárůstu o 22,18 spoje. Pokud má sídelní jednotka  $m$  počet osob nižší než 35 osob, pak je výsledná hodnota ponížena o 13,59 spoje.

Výsledné hodnoty parametrů  $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  byly logicky zhodnoceny v předchozím pododdílu, vychází v souladu s předpoklady, kdy se prokazuje logická správnost konstrukce modelu. Hodnoty parametrů  $\hat{\beta}_j^{LTS, \zeta_{opt}}$  prokázaly, že počet osob nutně není nejvýraznějším vlivem determinujícím rozsah dopravní obslužnosti. Hodnoty parametrů proměnných modelu jasně ukazují, že nejvýznamnějšími faktory ovlivňujícími počty spojů dopravní obslužnosti pro menší sídelní jednotky  $m$  přibližně do tisíce obyvatel nejsou demografické faktory, mnohem významnější je jejich poloha ve vztahu k dopravní infrastruktuře silniční i železniční. Mnohé sídelní jednotky  $m$  se tedy mohou těšit ze své výhodné polohy ve vztahu k dopravní infrastruktuře, která jim zajišťuje výrazně vyšší úroveň dopravní obslužnosti, než na jakou by dosáhly srovnatelné sídelní jednotky umístěné u méně významných pozemních komunikací či bez železniční stanice či zastávky.

Dalším výrazným faktorem je také administrativní členění, administrativní součásti města Ústí nad Labem, přestože nejsou s tímto městem propojeny nepřerušenu městskou

zástavbou, mají výrazně vyšší rozsah dopravní obslužnosti, v menší míře to platí i pro bývalé administrativní součásti města Ústí nad Labem.

Překvapivým výsledkem je relativně vysoký vliv polohy sídelní jednotky  $m$  na území chráněné krajinné oblasti, poloha sídelní jednotky  $m$  na území chráněné krajinné oblasti vede k nárůstu rozsahu počtu spojů veřejné hromadné dopravy o 2,89.

Míra vlivu jednotlivých vstupů vstupujících do finální podoby model na odhad počtu spojů veřejné hromadné dopravy v sídelní jednotce  $m$  za jeden pracovní den  $\Omega_j^m$  je vypočtena dle vzorce (121). Pro vybrané sídelní jednotky  $m$  je sestaven přehled míry vlivů jednotlivých vstupních proměnných do tabulky Tabulka 37. Obdobný přehled pro všech  $n$  sídelních jednotek zahrnutých do modelu je sestaven v Příloze M.

**Tabulka 37** Míra vlivu jednotlivých proměnných na výsledný počet spojů  $\Omega_j^m$  ve vybraných sídelních jednotkách  $m$

$m$ Název sídelní jednotky	Míra vlivu jednotlivých proměnných na výsledný počet spojů $\Omega_j^m$									
	$\beta_0$	$x_1$	$x_6$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{17}$	$x_{19}$
2 Arnultovice	80 %	7 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
9 Čerčeniště	80 %	7 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
11 Český Újezd	17 %	2 %	19 %	0 %	14 %	0 %	0 %	28 %	20 %	0 %
12 Dolní Zálezly	54 %	38 %	0 %	0 %	0 %	9 %	0 %	0 %	0 %	0 %
14 Dubice	67 %	23 %	0 %	0 %	0 %	11 %	0 %	0 %	0 %	0 %
26 Knínice	49 %	3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	48 %	0 %	0 %	0 %
32 Libouchec	24 %	49 %	0 %	0 %	0 %	4 %	24 %	0 %	0 %	0 %
37 Lysá	240 %	2 %	0 %	0 %	0 %	39 %	0 %	0 %	0 %	-181 %
52 Ostrov	239 %	3 %	0 %	0 %	0 %	38 %	0 %	0 %	0 %	-180 %
53 Petrovice	48 %	44 %	0 %	0 %	0 %	8 %	0 %	0 %	0 %	0 %
66 Řehlovice	34 %	19 %	0 %	0 %	0 %	5 %	0 %	0 %	42 %	0 %
67 Řetouň	230 %	7 %	0 %	0 %	0 %	37 %	0 %	0 %	0 %	-173 %
68 Sebusín	22 %	18 %	0 %	36 %	0 %	3 %	21 %	0 %	0 %	0 %
80 Telnice	74 %	26 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
84 Ústí nad Labem	1 %	94 %	0 %	1 %	0 %	0 %	1 %	1 %	1 %	0 %

Zdroj: autor

Z tabulky je patrná výrazná míra vlivu absolutního regresního parametru, který určuje základní úroveň obsluhy, především u menších obcí nad 35 osob jde o klíčový faktor. U obcí pod 35 osob je tato hodnota výrazně ponížena vlivem proměnné  $x_{19}$ , kde u obcí pod 35 osob není veřejná hromadná doprava zajišťována, pokud její zajištění neplyne z výhodné polohy. Velmi výrazný vliv je patrný u proměnných reflektujících vztah sídelní jednotky  $m$  k dopravní infrastruktuře.

Sestavený model dopravní obslužnosti okresu Ústí nad Labem spolehlivě predikuje počet spojů veřejné hromadné dopravy v pracovní den pro danou sídelní jednotku  $m$ . Z 95 sídelních jednotek  $m$  v okresu Ústí nad Labem popisuje model skutečný stav s odchylkou nižší než  $\pm 20$  spojů u 79 z nich, u 33 sídelní jednotek  $m$  s odchylkou nižší než  $\pm 10$  spojů a u 64 sídelní jednotek  $m$  s odchylkou nižší než  $\pm 5$  spojů.

Nejvyšších absolutních hodnot rozdílu mezi predikovanou a referenční hodnotou počtu spojů veřejné hromadné dopravy za jeden pracovní den bylo dosaženo u sídelních jednotek  $m$ , které byly vyloučeny metodou LTS jako odlehlá pozorování, výsledná hřebenová regrese je tedy již nezohledňovala při sestavě regresní funkce. Celkově vyšších hodnot reziduí bylo dosaženo u větších sídelních jednotek  $m$  v blízkosti města Ústí nad Labem (Chuderov, Chlumec, Chabařovice, Strážky, Svádov, Valtířov), zde je možné vysledovat vliv modelem vyloučené proměnné vzdálenosti do regionálního centra.

## 5 VYHODNOCENÍ A DISKUZE ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ

Veřejná hromadná doprava je pro současnou společnost nezbytná, přináší zásadní benefity především v sociální oblasti a jde o jedinou konkurenceschopnou alternativu individuální automobilové dopravy, která je všeobecně chápána jako udržitelná s ohledem na environmentální dopad. V příměstských oblastech a dále v oblastech venkovských její význam narůstá, jedná se často o jedinou možnost přístupu k občanské vybavenosti. K zajištění veřejné hromadné dopravy v rozsahu, který není z čistě ekonomického pohledu efektivní, je využíván institut dopravní obslužnosti, který umožňuje příslušným orgánům (Ministerstvu dopravy ČR, krajům a obcím) objednávat veřejné služby v přepravě cestujících. Jedná se o poměrně kvalitní systém s dlouhodobou tradicí, jehož zajištění zatěžuje rozpočty jednotlivých příslušných orgánů v souhrnu částkou přibližně 20 miliard Kč ročně. Problémem je nesouvislost kvality veřejné hromadné dopravy, která se v jednotlivých regionech mění. Neexistuje jednotný hodnotící model, který by porovnal rozsah veřejné hromadné dopravy v jednotlivých sídelních jednotkách na základě definovaných parametrů.

V rámci disertační práce byla autorem sestavena metodika hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách regionu s využitím matematicko-statistického modelu k odvození predikovaného počtu spojů veřejné hromadné dopravy, který kvantifikuje míru vlivu jednotlivých faktorů determinujících dopravní obslužnost na výsledný počet spojů veřejné dopravy, které dané sídelní jednotky obsluhují za časovou jednotku. Tato metodika je navržena na základě výsledků kritického zhodnocení stavu teoretického poznání dané problematiky v České republice i zahraničí.

Metodika má šest kroků s několika podkroky, detailnímu popisu každého kroku odpovídá jeden pododдіl oddílu 3.2 této práce. Celá metodika je zahájena inicializační fází popsanou v pododдіlu 4.2.1, zásadním bodem této fáze je exaktní vymezení regionu, který bude sestavovaným modelem posuzován. Navazuje vymezení sídelních jednotek tohoto regionu a přiřazení zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy na území regionu těmto sídelním jednotkám (pododдіl 4.2.2). Časově nejnáročnější fází metodiky je třetí krok, kdy dochází ke sběru dat referenčního počtu spojů dopravní obslužnosti a zároveň všech vstupních nezávislých proměnných modelu (pododдіl 4.2.3). Klíčovou fází je další krok metodiky, kdy dojde k sestavení matematicko-statistického modelu založeného na regresní funkci, v této fázi je sestavena vícenásobná regresní funkce a následně rozšířena o elementy regrese robustní a hřebenové, zároveň dochází v několika fázích k testování statistické významnosti (pododдіl 4.2.4). Na sestavení modelu navazuje jeho kritické

zhodnocení (pododdíl 4.2.5) a interpretace získaných výsledků (pododdíl 4.2.6). Celá metodika je schematicky znázorněna v pododdílu 4.2.7. této práce. Metodikou sestavený model je prvotním krokem v tomto směru, model je schopen s vysokým stupněm věrohodnosti predikovat počet spojů veřejné hromadné dopravy obsluhujících sídelní jednotku za definovanou časovou jednotku a zároveň i určit vliv jednotlivých faktorů, které rozsah spojů ovlivňují.

Představená metodika byla aplikována na zvolený region, okres Ústí nad Labem v Ústeckém kraji. Pro sídelní jednotky tohoto okresu model věrně predikoval odhady počtů spojů veřejné dopravy, které danou sídelní jednotku obsluhují za definovanou časovou jednotku, v konkrétním případě této aplikace se jednalo o časovou jednotku jednoho pracovního dne. Aplikací metodiky byla ověřena její funkčnost a použitelnost pro reálné posuzování rozsahu dopravní obslužnosti.

Aplikace metodiky na okres Ústí nad Labem a její interpretace poukázala na zajímavý aspekt, přestože se autoři i vědečtí pracovníci shodují na tom, že zásadním faktorem determinujícím rozsah dopravní obslužnosti v dané sídelní jednotce je počet jejích obyvatel, nemusí to být vždy faktor, který vede k zavedení většiny spojů veřejné hromadné dopravy do této sídelní jednotky. U vybraných sídelních jednotek lze identifikovat takové faktory, které mají dopad významnější, typicky faktory spojené s polohou na dopravní infrastruktuře, stejný závěr prezentoval autor již ve svých dřívějších studiích představujících aplikaci modelu na jiné regiony.

V návaznosti na předchozí kapitoly této disertační práce, a především literární rešerši provedené v kapitole 1, lze jednoznačně konstatovat, že problematika disertační práce je velmi aktuální.

## **5.1 Možnosti využití**

Vytvořená metodika bude praktickým nástrojem pro hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách regionu, využití modelu, k jehož sestavení metodika řešitele vede, se předpokládá především ve dvou základních oblastech.

První oblast je praktická využitelnost modelu pro příslušné orgány, které zajišťují dopravní obslužnost v ploše regionu. V případě České republiky se jedná prioritně o odbory dopravy krajských úřadů, které zajišťují veřejné služby v přepravě cestujících převážně na území svých krajů, či organizátory IDS, a v současné době nemají k dispozici žádnou metodiku hodnocení vlivu jednotlivých faktorů na skutečný počet jimi zajištěných spojů dopravní obslužnosti. Využití výsledného matematicko-statistického modelu jim umožní

postihnout jednotlivé faktory, které vedou k zavedení spoje, a porovnat míru vlivu těchto faktorů mezi jednotlivými sídelními jednotkami na území kraje a zároveň porovnat na této bázi úroveň dopravní obslužnosti mezi jednotlivými regiony. Jedná se tedy o vhodný podpůrný rozhodovací nástroj při optimalizaci veřejné hromadné dopravy, zároveň je zde prostor pro praktické využití i pro organizátory IDS, kteří v současné době již definují standardní a nadstandardní rozsah počtu spojů v jednotlivých obcích, u nadstandardního rozsahu požadují zvýšenou finanční spoluúčasť dané obce. Daný model se může stát vhodným vodítkem k sestavení nástroje k určení standardního rozsahu.

Druhou oblastí, ve které lze model využít, je pole teoretického výzkumu dopravní obslužnosti ve vědě, poprvé budou systematicky identifikovány faktory determinující rozsah dopravní obslužnosti a odvozena míra jejich vlivu.

Třetí oblastí, úzce související s výše uvedeným využitím ve výzkumu, je oblast vzdělávání. V této oblasti lze využít jak informace získané z podrobné rešeršní analýzy sestavené v kapitole 1 disertační práce, tak i samotná metodika a model, které mohou posloužit jako názorná demonstrace, jak je reálně zajišťována dopravní obslužnost.

Daný model lze dále rozvíjet a upravovat dle aktuálních vědeckých poznatků za účelem bližšího poznání této oblasti.

## **5.2 Rozbor silných a slabých stránek modelu**

Představenou metodikou sestavený model vykazuje silné i slabé stránky, mezi silné stránky lze řadit následující:

- Vysoká věrnost statistické predikce – model je schopen predikovat počty spojů veřejné hromadné dopravy v posuzovaných sídelních jednotkách v porovnání s referenčním stavem s velmi vysokým indexem determinace.
- Stabilita a smysluplnost statistického odhadu – oproti běžnému odhadu sestavenému lineární regresí umožňuje zahrnutí regrese robustní dosažení normálního rozdělení reziduí a zároveň regrese hřebenová vede ke zvýšení stability odhadu, což lze potvrdit křížovou validací (cross-validation), zároveň hřebenová regrese eliminuje negativní dopad multikolinearity, který by jinak byl nevyhnutelný a vedl ke ztrátě věrohodnosti modelu.
- Modularita modelu – do modelu je možné volně zařazovat další nezávislé proměnné dle expertních odhadů jejich sestavovatele, tyto proměnné jsou vyhodnoceny statistickým testem a v případě nevýznamnosti pak opět vyřazeny a neovlivní výslednou podobu odhadů.

- Univerzální aplikovatelnost – model lze aplikovat na libovolný region, případná výrazná regionální specifika lze zohlednit doplněním dalších vstupních proměnných
- Jednoduchost metodiky sestavení modelu – přestože se jedná o komplexní model, postup při jeho sestavení lze popsat jednotlivými kroky, které nevyžadují nadstandardní znalosti matematického aparátu a umožňují tak jeho širokou využitelnost v praxi.

Zároveň lze identifikovat i slabé stránky, které jsou popsány v následujícím výčtu:

- Limity dané užitím regresní funkce – volba regresních metod vede k některým omezením, zahrnutí umělých proměnných je možné pouze v případě, že hodnoty každé z možných hodnot proměnné (0 nebo 1) dosahují vždy alespoň dvě pozorování, u nízkého počtu pozorování s danou hodnotou je stále ještě vysoká pravděpodobnost vyloučení takové proměnné z důvodu nízké statistické významnosti.
- Nutnost vyřazení lineárně závislých vstupních proměnných – přestože hřebenová regrese odstraňuje dopady multikolinearity, v případě zcela závislých vektorů proměnných by nebylo možné sestavit prvotní modely vícenásobné lineární a robustní regrese, které jsou vstupem pro regresi hřebenovou.
- Extrémní výpočetní náročnost – přestože je teoreticky možné celý model sestavit s využitím v disertační práci uvedených vzorců a vypočítat jej ručně, v podstatě jediným možným přístupem přinášejícím řešení v reálném čase je nutnost užití statistického software.
- Nemožnost zachytit vybrané faktory, které výsledný počet spojů ovlivňují – některé z těchto faktorů jsou již popsány v pododdílu 4.1.3 na straně 111, existují i další faktory, které model zohlednit neumí, sem patří především faktory politické.
- Dostupnost a aktuálnost vstupních dat modelu – přestože je evidentní, že vybrané faktory s problematikou souvisí a mají vliv na výsledný rozsah dopravní obslužnosti posuzované sídelní jednotky, existuje možnost, že pro daný faktor neexistují relevantní údaje, které by bylo možné do modelu v průběhu jeho sestavy zařadit, nebo se jedná o zastaralé neaktuální hodnoty.

### 5.3 Potenciální možnosti dalšího rozvoje

Možnosti dalšího rozvoje metodiky, resp. sestaveného modelu, lze sledovat ve třech stěžejních vědecko-výzkumných směrech. První oblastí dalšího rozvoje je implementace detailnějších charakteristik daných spojů veřejné hromadné dopravy zahrnovaných do vektorů  $\mathbf{y}$  a  $\hat{\mathbf{y}}$ . Zde autor vidí možný směr rozvoje v zohlednění trasování



spoje, kdy pro danou sídelní jednotku je důležitější spoj vedený do regionálního centra než například spoj, který končí v sousední sídelní jednotce, která nedisponuje žádnými službami občanské vybavenosti, zároveň by to vedlo k vhodnějšímu zohlednění okružního či polookružního charakteru vybraných spojů veřejné linkové autobusové dopravy. Druhou charakteristikou vztaženou k zahrnovaným spojům veřejné hromadné dopravy je možná diferenciací jednotlivých časových úseků v rámci jednoho dne, která by zohledňovala nejen existenci či neexistenci spoje veřejné hromadné dopravy, ale i jeho časovou polohu. Následné skládání těchto časových jednotek do logických celků, například rozdělení pracovního dne na noční dobu, ranní špičku, dopolední sedlo, odpolední špičku, večerní období a pozdní večer by poskytlo komplexnější pohled na stav dopravní obslužnosti.

Druhým směrem potenciálního dalšího vývoje je možné převedení modelu z deskriptivní podoby do podoby normativní. Model je sestaven univerzálně tak, aby navazující vědecká práce mohla sledovat záměr tento deskriptivní model upravit do podoby modelu normativního, který by umožňoval jednotlivým příslušným orgánům modelovat budoucí stav dopravní obslužnosti s ohledem na vlastní cíle. Tato podoba by musela být založena na koncensu přijetí daného modelu jako vhodného podpůrného rozhodovacího nástroje, kalibrace normativních parametrů by byla založena na široké bázi vstupních dat, mezi které by se řadily empirické hodnoty získané vyčíslením modelu pro velké množství regionů. Významnost jednotlivých faktorů by byla empiricky odvozena do formy neměnných koeficientů. Tento model by pro každou sídelní jednotku určoval minimální požadovaný rozsah dopravní obslužnosti a nahradil by tak doposud užívané standardy četnosti dopravní obsluhy, které zdaleka nepostihují široce diverzifikované portfolio charakteristik jednotlivých sídelních jednotek.

Třetím možným směrem rozvoje je implementace socio-ekonomických charakteristik jednotlivých regionů, která by umožnila váženou komparaci jednotlivých oblastí.

V souladu s těmito směry rozvoje je identifikace dalších faktorů, které je vhodné do modelu zařadit, protože se prokáže jejich vliv na výsledný rozsah dopravní obslužnosti, zároveň také nalezení takových metod kvantifikace faktorů, které byly v rešeršní části práce identifikovány jako determinující rozsah dopravní obslužnosti, avšak nebyla nalezená vhodná metoda jejich převodu na vstup modelu.

V případě potenciálního dalšího rozvoje modelu se záměrem umožnit jeho širší využití, lze uvažovat s vybranými zjednodušeními modelu, která vedou pouze k relativně mírnému snížení statistické věrohodnosti modelu, nicméně výrazně mohou napomoci snížení matematicko-statistické náročnosti sestavení modelu. Mezi tato potenciální zjednodušení

lze řadit následující, všechna jsou založena na expertních odhadech a empirických zkušenostech, které již získal autor, a které především získají další výzkumníci, pokud se budou rozvoji modelu dále věnovat:

- Stanovení fixních limitních hodnot  $A$  až  $M$  představených v tabulce Tabulka 3 ve stratifikaci pro typové velikosti posuzovaných hodnot.
- Zjednodušené odvození postupu robustní regrese, kdy je možné metodu LTS nahradit zjednodušením, kdy z modelu budou přímo vyřazena všechna pozorování, která byla identifikována jako odlehlá pozorování metodou studentizovaných reziduí, minimalizační kritérium uvedené ve vzorci (92) by bylo nahrazeno zde uvedeným kritériem ve vzorci (133). Obdobným způsobem by byly upraveny i následující vzorce v pokračujícím postupu.

$$\min_{\substack{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_j \\ m \notin Z}} \sum_{m=1}^n e^{m^2} = \min_{\substack{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_j \\ m \notin Z}} \sum_{m=1}^n \left( y^m - \hat{\beta}_0 - \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j \times x_j^m \right)^2 \quad (133)$$

kde:

- $\hat{\beta}_0$  ..... odhad absolutního regresního parametru [-],
- $\hat{\beta}_j$  ..... odhad regresního parametru  $j$ -té nezávislé proměnné [-],
- $m$  ..... identifikátor konkrétního pozorování,  $m \in \langle 1; n \rangle \wedge m \in \mathbb{N}$  [-],
- $Z$  ..... množina odlehlých pozorování identifikovaných pomocí metody studentizovaných reziduí [-],
- $n$  ..... počet pozorování,  $n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$  [-],
- $e^m$  ..... reziduum  $m$ -tého pozorování [-],
- $y^m$  ..... skutečná empiricky zjištěná hodnota  $m$ -tého pozorování nezávislé proměnné [-],
- $j$  ..... identifikátor konkrétní vstupní proměnné,  $j \in \langle 1; k \rangle \wedge j \in \mathbb{N}$  [-],
- $k$  ..... počet vstupních proměnných,  $k \geq 1 \wedge k \in \mathbb{N}$  [-],
- $x_j^m$  ..... hodnota  $j$ -té nezávislé proměnné pro  $m$ -té pozorování [-].

- Drobným zjednodušením může být i přijetí předpokladu, že všechny sídelní jednotky  $m$ , jejichž studentizované reziduum v absolutní hodnotě je vyšší než tři, budou rovnou považovány za odlehlá pozorování a jejich vyloučením dojde k tvorbě subsetu  $\gamma_{subopt}$ .
- Na základě empirických zkušeností může dojít též k revizi jednotlivých vstupů  $x_j$  představených v tabulce Tabulka 2.

## 6 VLASTNÍ PŘÍNOSY DOKTORANDA

Mezi přínosy doktoranda vyplývající ze zpracování této práce lze zahrnout několik oblastí. Zprvce se jedná o rozsáhlou literární rešerši české i zahraniční literatury zaměřenou obecně na dopravní obslužnost, její zasazení do kontextu veřejné dopravy a dopravy obecně. Dále se literární rešerše zaměřuje na význam dopravní obslužnosti pro soudobou společnost, kde jsou postiženy především sociální aspekty zajištění veřejné hromadné dopravy. Akcent je kladen na oblast faktorů determinujících dopravní obslužnost, která je těžištěm rešeršní části práce. Literární rešerše se zabývá i současnou situací v České republice a aktuálním politickým vývojem. Výstupem kritického zhodnocení provedené analýzy současného stavu řešené problematiky je zjištění absence metodiky pro hodnocení vlivu faktorů ovlivňujících rozsah dopravní obslužnosti na skutečnou podobu rozsahu dopravní obslužnosti. Komplexní literární rešerše je široce využitelná jako podklad pro oblast dalšího výzkumu i v oblasti vzdělávání.

Druhou oblastí, ve které doktorand přináší přínosy, je volba konkrétních prognostických metod odvozených od klasické lineární regrese. Doktorand v průběhu tvorby vědeckého záměru testoval na různých geografických oblastech několik různých vědeckých postupů založených na regresi. V návaznosti na to autor v ucelené formě představuje problematiku lineární regrese, vymezení jejího matematického aparátu a aplikaci do praxe. Na lineární regresi navazují pokročilé regresní metody. Vzhledem k charakteru vstupních dat je třeba vypořádat se se skutečností, že vyšší množství odlehlých pozorování ve statistickém modelu vede k jeho výraznému zkreslení a ztrátě normálního rozdělení reziduí, což by vedlo k zamítnutí hypotézy, že model věrně popisuje referenční stav. Z tohoto důvodu byla do modelu zahrnuta robustní regrese, která vede ke zpřesnění odhadu a zároveň díky zohlednění odlehlých pozorování vede k normálnímu rozdělení reziduí, a tedy získání statistické věrohodnosti modelu. V práci jsou popsány jednotlivé postupy robustní regrese a následně detailně analyzována metoda LTS (Least Trimmed Squares), která byla zvolena pro tento typ dat jako nejvhodnější. Při volbě LTS byla zohledněna snaha autora o volbu metody s vysokým stupněm věrohodnosti a zároveň nižší výpočetní náročností tak, aby daný model mohl být využit i v běžné praxi. Z důvodu nižší výpočetní náročnosti byla zvolena metoda LTS oproti robustní regresi s využitím MM-Estimators.

Dalším problémem je vysoká multikolinearita dat v modelu, kdy vektory jednotlivých nezávislých vstupních proměnných jsou vzájemně lineárně závislé, příliš vysoká multikolinearita by v extrémním případě, kdy by vybrané sloupce matice  $\mathbf{X}$  byly vzájemnou

lineární kombinací, vedla k nemožnosti sestavit model, v praxi však dochází pouze k vysokým hodnotám testů multikolinearity, které vedou k zamítnutí celého modelu, protože by byl příliš citlivý a neměl by dostatečnou vypovídací schopnost. Vzhledem ke skutečnosti, o jaká vstupní data se jedná, vždy zde bude identifikována vyšší míra multikolinearity, proto je třeba implementovat takový regresní přístup, který zohlední přítomnou multikolinearitu ve vstupním souboru proměnných, pokud by multikolinearita řešena nebyla, nesplňovala by data základní podmínky pro dosažení věrohodnosti statistického modelu. Autor posuzoval metodu hlavních komponent (Partial Least Squares), kterou následně zavrhl kvůli nemožnosti interpretovat vliv jednotlivých vstupů na výsledný rozsah dopravní obslužnosti v posuzované sídelní jednotce, LASSO regresi (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator), BSR (Best Subset Regression) a hřebenovou regresi. Přestože modely sestavené s využitím metod LASSO a BSR dosahovaly také vysoké věrohodnosti, modely sestavené s využitím hřebenové regrese vycházely nejméně, navíc umožňují interpretovat vliv i méně významných faktorů, které druhé dvě posuzované metody v některých případech vyřadily z regresního modelu.

Třetí oblastí přínosu, zásadní z pohledu této disertační práce, je samotné sestavení metodiky hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti a modelu k odvození predikovaného počtu spojů veřejné hromadné dopravy, který je nedílnou součástí metodiky, představené v kapitole 4 této disertační práce. Metodika vede k sestavení modelu, který umožňuje s vysokou mírou věrohodnosti sestavovat odhady počtu spojů veřejné hromadné dopravy za definovanou časovou jednotku ve sledovaných sídelních jednotkách. Metodika zahrnuje i několik kontrolních mechanismů, které zajišťují dosažení věrohodnosti výstupních dat i jejich logické správnosti na základě kritického posouzení. Sestavený model udává obecný vztah mezi vstupními proměnnými reprezentujícími jednotlivé faktory determinující rozsah dopravní obslužnosti a výsledným rozsahem a udává míru vlivu každého faktoru v každé sledované sídelní jednotce. Model tak představuje univerzální nástroj umožňující přehledné porovnání jednotlivých sídelních jednotek na území sledovaného regionu a rozdílů mezi modelovými odhady za daných podmínek a vypočtených parametrů a porovnávaným stavem. Takový nástroj objednatelům dopravní obslužnosti, především na úrovni krajů, v současné době chybí a má potenciál stát se významným podpůrným rozhodovacím nástrojem.

## 7 ZÁVĚR

Veřejná hromadná doprava se v České republice ještě zcela nevyrovnala s komplexními změnami, ke kterým v posledních 30 letech došlo ve struktuře národní ekonomiky i politickém a společenském životě, a dynamický vývoj na ni klade stále nové výzvy související se společensko-kulturními i ekonomickými fenomény. Do popředí se dostává pohled na dopravní obslužnost jako na sociální službu zajišťující nezbytnou mobilitu, přičemž tento pohled bude do budoucna stále více akcentován i s ohledem na rostoucí průměrný věk obyvatelstva, růst životní úrovně a změnu paradigmatu ve vztahu k životnímu prostředí a jeho poškozování.

Vznik vyšších územních samosprávních celků, krajů, a převedení objednávky regionálních veřejných služeb v přepravě cestujících na ně vedl ke vzniku více různých systémů, kdy kraje přistoupily k organizaci veřejné hromadné dopravy na svém území rozdílně. Jednotícím prvkem však zůstává ekonomický tlak na snižování nákladů a optimalizaci dopravní obslužnosti, a proti tomu rostoucí potřeba mobility a jejího zajištění trvale udržitelným způsobem. V současné době je akcentována potřeba detailnějšího a závaznějšího plánování dopravní obslužnosti ve vazbě na dlouhodobé smlouvy o veřejných službách v přepravě cestujících uzavírané kraji i Ministerstvem dopravy ČR v současné době převážně stále ještě přímými zadáními, avšak s jasným výhledem brzkého intenzivnějšího využití nabídkových řízení. Detailnější plánování vychází z rozborů současného rozsahu. Z provedené literární rešerše tuzemských i zahraničních zdrojů a její analýzy lze konstatovat, že v současné době žádná metodika hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách regionu neexistuje.

Cílem této disertační práce bylo na základě podrobné analýzy současného stavu zkoumané problematiky v České republice a v zahraničí a s využitím vhodných výzkumných metod sestavit metodiku hodnocení rozsahu dopravní obslužnosti v jednotlivých sídelních jednotkách regionu s využitím matematicko-statistického modelu k odvození predikovaného počtu spojů veřejné hromadné dopravy. Tato metodika byla autorem sestavena, detailně popsána a aplikována na skutečný rozsah veřejné hromadné dopravy v okrese Ústí nad Labem. Model, který je výstupem metodiky, dosahuje vysoké věrohodnosti predikovaných odhadů počtu spojů veřejné hromadné dopravy a zároveň je univerzálně použitelný. Stanovený cíl práce byl zcela naplněn.

Představená metodika je široce využitelná jako podpůrný rozhodovací nástroj pro objednatele veřejných služeb v přepravě cestujících, zároveň sestavený model přináší

hodnotné vstupy pro teoretický výzkum v oblasti dopravních věd. Vědecko-výzkumná činnost se může zaměřit na tři základní směry rozvoje metodikou sestaveného modelu. Jde o zahrnutí detailnějších charakteristik hodnocených spojů veřejné hromadné dopravy, je možné zohlednit dimenzi trasování spoje, a především diferenciaci jednotlivých časových úseků v rámci jednoho dne. Druhým směrem rozvoje modelu je sestavení modelu v normativní podobě, implementace socio-ekonomických charakteristik posuzovaných regionů jako třetí směr rozvoje by umožnila jejich váženou komparaci. V návaznosti na vědecko-výzkumné využití nelze opomenout potenciál využití modelu i v oblasti vzdělávání.

Autorovou neskromnou ambicí je touto disertační prací otevřít širší diskusi o významu veřejné hromadné dopravy zajišťované v jednotlivých regionech České republiky v komplexním pohledu na regionální dopravu obecně, o disparitách mezi regiony, důvody, které k nim vedou, rozsahem regionální dopravy zajišťovaným v jednotlivých krajích a obecně o smyslu nabídky veřejné hromadné dopravy a prioritách v jejím budoucím vývoji.

## 8 POUŽITÁ LITERATURA

AARHAUG, Jørgen a Nils FEARNLEY, 2016. Deregulation of the Norwegian long distance express coach market. *Transport Policy*. Vol. 46, s. 1-6. ISSN 0967-070X.

AIDOO, Eric N., William AGYEMANG, Jane E. MONKAH a Francis K. AFUKAAR, 2013. Passenger's Satisfaction with Public Bus Transport Services in Ghana: A Case Study of Kumasi–Accra Route. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*. Vol. 8, no. 2, s. 33-44. ISSN 2065-3913.

ALFA, Attahiru Sule, William B. MENZIES, James PURCHA a Robert MCPHERSON, 1988. A regression model for bus running times in suburban areas of winnipeg. *Journal of Advanced Transportation*. Vol. 21, no. 3, s. 227-237. ISSN 0197-6729.

ALFONS, Andreas, Christophe CROUX a Sarah GELPER, 2013. Sparse least trimmed squares regression for analyzing high-dimensional large data sets. *The Annals of Applied Statistics*. Vol. 7, no. 1, s. 226-248. ISSN 1932-6157.

ALSNIH, Rahaf a David A. HENSHER, 2003. The mobility and accessibility expectations of seniors in an aging population. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 37, no. 10, s. 903-916. ISSN 0965-8564.

ANDĚL, Jiří, 2005. *Základy matematické statistiky*. Praha: Matfyzpress. ISBN 80-86732-40-1.

ANDERSSON, Johanna, 2017. Using Geographically Weighted Regression (GWR) to explore spatial variations in the relationship between public transport accessibility and car use: A case study in Lund and Malmö, Sweden. *Department of Physical Geography and Ecosystem Science - Lund University* [online]. [citováno 2019-05-15]. Dostupné z: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=8919808&fileOid=8919834>

ANTOCH, Jaromír a Dana VORLÍČKOVÁ, 1992. *Vybrané metody statistické analýzy dat*. Praha: Academia. ISBN 80-200-0204-9.

AYADI, Ahmed a Sami HAMMAMI, 2015. Analysis of the technological features of regional public transport companies: the Tunisian case. *Public Transport*. Vol. 7, no. 3, s. 429-455. ISSN 1866-749X.

- BADLAND, Hannah M., Nick GARETT a Grant M. SCHOFIELD, 2010. How Does Car Parking Availability and Public Transport Accessibility Influence Work-Related Travel Behaviors? *Sustainability*. Vol. 2, no. 2, s. 576-590. ISSN 2071-1050.
- BANISTER, David. 2005. *Unsustainable transport: city transport in the new century*. New York: Routledge. ISBN 0-41-53578-29.
- BARNETT, Vic a Toby LEWIS, 1994. *Outliers in statistical data*. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons. ISBN 0-47-19309-46.
- BARTER, A. Rahman Paul, 1998. UNCHS (Habitat) Regional Symposium on Urban Poverty in Asia: Transport and Urban Poverty in Asia: A Brief Introduction to the Key Issues. *UN-HABITAT Regional Office for Asia and the Pacific – Fukuoka* [online]. [citováno 2016-07-11]. Dostupné z: [http://www.fukuoka.unhabitat.org/docs/occasional\\_papers/project\\_a/06/transport-barter-e.html](http://www.fukuoka.unhabitat.org/docs/occasional_papers/project_a/06/transport-barter-e.html)
- BASS, Pablo, Pedro DONOSO a Marcela MUNIZAGA, 2011. A model to assess public transport demand stability. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 45, no. 8, s. 755-764. ISSN 0965-8564.
- BAYERN, 1996. Gesetz über den öffentlichen Personennahverkehr in Bayern (BayÖPNVG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. Juli 1996. *Bayerische Staatskanzlei* [online]. [citováno 2016-08-15]. Dostupné z: <http://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayOePNVG>
- BENEDIKTOVÁ, Marcela a Alexander CHLAŇ, 2010. Regional Railway Transport Funding in Conditions of the Czech Republic and in the Pilsen Region. In: *5<sup>th</sup> International Scientific Conference Theoretical and Practical Issues in Transport*. Pardubice: Univerzita Pardubice, s. 306-310. ISBN 978-80-7395-245-7.
- BERGSTAD, Cecilia Jakobsson, Amelie GAMBLE, Tommy GÄRLING, Olle HAGMAN, Merritt POLK, Dick ETTEMA, Margareta FRIMAN a Lars E. OLSSON, 2011. Subjective well-being related to satisfaction with daily travel. *Transportation*. Vol. 38, no. 1, s. 1-15. ISSN 0049-4488.
- BIBA, Steve, Kevin M. CURTIN a Germana MANCA, 2010. A new method for determining the population with walking access to transit. *International Journal of Geographical Information Science*. Vol. 24, no. 3, s. 347-364. ISSN 1365-8816.



- BLACK, John A., Antonio PÁEZ a Putu Alit SUTHANAYA, 2002. Sustainable Urban Transportation: Performance Indicators and Some Analytical Approaches. *Journal of Urban Planning and Development*. Vol. 128, no. 4, s. 184-209. ISSN 0733-9488.
- BLACK, William R., 2010. *Sustainable transportation: problems and solutions*. New York: Guilford. ISBN 978-16-0623-485-3.
- BLATNÁ, Dagmar, 2008a. Metody statistické analýzy. Vyd. 3. Praha: Bankovní institut vysoká škola. ISBN 978-80-7265-129-0.
- BLATNÁ, Dagmar, 2008b. Robustní přístupy v lineární regresi (Praktické důvody pro použití robustní regrese). *Statistika: ekonomicko-statistický časopis*. Vol. 88, no. 3, s. 255-266. ISSN 0322-788X.
- BLATNÁ, Dagmar, 2009. Možnosti aplikace metod a nástrojů robustní regrese (na příkladu analýzy vybraných ukazatelů evropských zemí). *Statistika: ekonomicko-statistický časopis*. Vol. 89, no. 4, s. 300-316. ISSN 0322-788X.
- BLATNÁ, Dagmar, 2011. Aplikace robustní regrese v analýze komparativních cenových hladin zemí Evropské unie. *Politická ekonomie*. Vol. 59, no. 1, s. 105-129. ISSN 0032-3233.
- BLATNÁ, Dagmar, 2014. Application of Robust Regression in the Analysis of Internet Access in European Countries. In: RUSNAK, Zofia a Beata ZMYŚLONA, eds. *17-th AMSE - Applications of Mathematics in Economics : International Scientific Conference. Poland, 27-31 August, 2014. Conference proceedings, full text papers*. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, s. 17-25. ISBN 978-83-769-5421-9.
- BLY, Phil H., Frank V. WEBSTER a Susan POUNDS, 1980. Effects of subsidies on urban public transport. *Transportation*. Vol. 9, no. 4, s.311-331. ISSN 0049-4488.
- BOCAREJO, Juan Pablo a Daniel Ricardo OVIEDO HERNANDEZ, 2012. Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. *Journal of Transport Geography*. Vol. 24, s. 142-154. ISSN 0966-6923.

- BOISJOLY, Geneviève, Emily GRISÉ, Meadhbh MAGUIRE, Marie-Pier VEILLETTE, Robbin DEBOOSERE, Emma BERREBI a Ahmed EL-GENEIDY, 2018. Invest in the ride: A 14 year longitudinal analysis of the determinants of public transport ridership in 25 North American cities. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 116, s. 434-445. ISSN 0965-8564.
- BOLE, David, Matej GABROVEC, Janez NARED a Nika RAZPOTNIK VISKOVIĆ, 2012. Integrated Planning of Public Passenger Transport between the City and the Region: The Case of Ljubljana. *Acta geographica Slovenica*. Vol. 52, no. 1, s. 141-163. ISSN 1581-6613.
- BONDELL, Howard D. a Leonard A. STEFANSKI, 2013. Efficient Robust Regression via Two-Stage Generalized Empirical Likelihood. *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 108, no. 502, s. 644-655. ISSN 0162-1459.
- BORUTA, Tomáš a Igor IVAN, 2010. Public transport in rural area of the Czech Republic –case study of Jeseník region. *Moravian Geographical Reports*. Vol. 18, no. 2, s. 9-22. ISSN 1210-8812.
- BOUF, Dominique a David A. HENSHER, 2007. The dark side of making transit irresistible: The example of France. *Transport Policy*. Vol. 14, no. 6, s. 523-532. ISSN 0967-070X.
- BOULMETIS, John a Phyllis DUTWIN, 2011. *The ABCs of evaluation: timeless techniques for program and project managers*. 3rd ed. San Francisco: Jossey-Bass. ISBN 978-047-08735-40.
- BREHENY, Patrick, 2011. Ridge Regression. *College of Arts & Science – University of Kentucky* [online]. [citováno 2016-12-15]. Dostupné z: <http://web.as.uky.edu/statistics/users/pbreheny/764-f11/notes/9-1.pdf>
- BREMER, Martina, 2012. Multiple Linear Regression. *Jason Mezey Lab – Cornell University* [online]. [citováno 2017-06-22]. Dostupné z: <http://mezeylab.cb.bscb.cornell.edu/labmembers/documents/supplement%20%20-%20multiple%20regression.pdf>
- BRINKE, Josef, 1999. *Úvod do geografie dopravy*. Praha: Karolinum. ISBN 80-7184-923-5.
- BRIŠ, Radim a Martina LITSCHMANNOVÁ, 2008. *Statistika II*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita. ISBN 978-80-248-1482-7.
- BROWN, Jeffrey, Daniel Baldwin HESS a Donald SHOUP, 2001. Unlimited Access. *Transportation*. Vol. 28, no. 3, s. 233-267. ISSN 0049-4488.

- BUEHLER, Ralph a John PUCHER, 2011a. Making public transport financially sustainable. *Transport Policy*. Vol. 18, no. 1, s. 126-138. ISSN 0967-070X.
- BUEHLER, Ralph a John PUCHER, 2011b. Sustainable Transport in Freiburg: Lessons from Germany's Environmental Capital. *International Journal of Sustainable Transportation*. Vol. 5, no. 1, s. 43-70. ISSN 1556-8318.
- BULCKAEN, Jeroen, Imre KESERU a Cathy MACHARIS, 2016. Sustainability versus stakeholder preferences: Searching for synergies in urban and regional mobility measures. *Research in Transportation Economics*. Vol. 55, s. 40-49. ISSN 0739-8859.
- BULÍČEK, Josef a Vlastmil MOJŽÍŠ, 2009. Regional Public Passenger Transport Service in Macroscopic Transport Models. *Scientific papers of the University of Pardubice. Series B, The Jan Perner Transport Faculty*. Vol. 15, no. 1, s. 117-127. ISSN 1211-6610.
- BUONACCORSI, John P., 1996. A modified estimating equation approach to correcting for measurement error in regression. *Biometrika*. Vol. 83, no. 2, s. 433-440. ISSN 0006-3444.
- BUREŠ, Vladimír, 2007. *Znalostní management a proces jeho zavádění: průvodce pro praxi*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1978-8.
- BURCHARDT, Tania, Julian LE GRAND a David PIACHAUD, 1999. Social Exclusion in Britain 1991-1995. *Social Policy & Administration*. Vol. 33, no. 3, s. 227-244. ISSN 0144-5596.
- BURIAN, Jaroslav, Lenka ZAJÍČKOVÁ, Igor IVAN a Karel MACKŮ, 2018. Attitudes and Motivation to Use Public or Individual Transport: A Case Study of Two Middle-Sized Cities. *Social Sciences*. Vol. 7, no. 6, s.1-25. ISSN 2076-0760.
- BUSLINE LK, 2018. Jízdní řád 670945 Horní Dušnice-Jablonec n.Jiz.-Rokytnice n.Jiz. *CHAPS spol. s r.o. – Portál CIS JŘ* [online]. [citováno 2019-03-01]. Dostupné z: [https://portal.cisjr.cz/Down.aspx?f=pdf/L670945\\_181209\\_333972.pdf](https://portal.cisjr.cz/Down.aspx?f=pdf/L670945_181209_333972.pdf)
- CASCETTA, Ennio, Armando CARTENÌ, Francesca PAGLIARA a Marcello MONTANINO, 2015. A new look at planning and designing transportation systems: A decision-making model based on cognitive rationality, stakeholder engagement and quantitative methods. *Transport Policy*. Vol. 38, s. 27-39. ISSN 0967-070X.
- CEBOLLADA, Àngel, 2009. Mobility and labour market exclusion in the Barcelona Metropolitan Region. *Journal of Transport Geography*. Vol. 17, no. 3, s. 226-233. ISSN 0966-6923.

- CEDER, Avishai, 2007. *Public transit planning and operation: theory, modelling and practice*. London: Elsevier. ISBN 97-80750-661-66-9.
- CERVERO, Robert, 2000. *Informal transport in the developing world*. Nairobi: United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). ISBN 92-113-1453-4.
- COMMITTEE FOR THE CONFERENCE ON INTEGRATING SUSTAINABILITY INTO SURFACE TRANSPORTATION PLANNING, 2005. *Integrating sustainability into the transportation planning process: Baltimore, Maryland, July 11 - 13, 2004*. Washington: Transportation Research Board. ISBN 0-309-09418-6.
- COX, David Roxbee, 2006. *Principles of Statistical Inference*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 978-0511-8135-59.
- CRUZ, Luis, Eduardo BARATA a João-Pedro FERREIRA, 2012. Performance in urban public transport systems: a critical analysis of the Portuguese case. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol. 61, no. 7, s. 730-751. ISSN 1741-0401.
- CULLINANE, Sharon, 1992. Attitudes towards the car in the U.K: Some implications for policies on congestion and the environment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 26, no. 4, s. 291-301. ISSN 0965-8564.
- CURRIE, Graham, 2010. Quantifying spatial gaps in public transport supply based on social needs. *Journal of Transport Geography*. Vol. 18, no. 1, s. 31-41. ISSN 0966-6923.
- CZECH CONSULT, 2010. *Metodika zajištění provozu a rozvoje systémů veřejné hromadné dopravy osob, podporující nadregionální integraci*. Praha: Czech Consult. ISBN 978-80-254-8830-0.
- CZECH CONSULT, 2011. *Metodika zpracování plánů dopravní obslužnosti území*. Praha: Czech Consult. ISBN 978-80-254-9722-7.
- CZECHINVEST, 2014. Definice malého a středního podnikatele. *CzechInvest* [online]. [citováno 2017-11-11]. Dostupné z: <https://www.czechinvest.org/cz/Sluzby-pro-male-a-stredni-podnikatele/Chcete-dotace/OPPI/Radce/Definice-maleho-a-stredniho-podnikatele>
- ČESKO, 1994a. Zákon č. 111 ze dne 26. dubna 1994 o silničním provozu. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 37, s. 1154-1161. Ve znění pozdějších předpisů. ISSN 1211-1244.
- ČESKO, 1994b. Zákon č. 266 ze dne 14. prosince 1994 o dráhách. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 79, s. 3041-3056. Ve znění pozdějších předpisů. ISSN 1211-1244.

ČESKO, 1997. Ústavní zákon č. 347 ze dne 3. prosince 1997 o vytvoření vyšších územních samosprávních celků a o změně ústavního zákona České národní rady č. 1/1993 Sb., Ústava České republiky. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 114, s. 7018. Ve znění pozdějších předpisů. ISSN 1211-1244.

ČESKO, 2004a. Zákon č. 103 ze dne 11. února 2004, kterým se mění zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb., ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů, Česká republika*. Částka 32, s. 1546-1558. Ve znění pozdějších předpisů. ISSN 1211-1244.

ČESKO, 2004b. Zákon č. 561 ze dne 10. listopadu 2004 o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon). In: *Sbírka zákonů, Česká republika*. Částka 190, s. 10262-10324. Ve znění pozdějších předpisů. ISSN 1211-1244.

ČESKO, 2006. Zákon č. 230 ze dne 25. dubna 2006, kterým se mění zákon č. 89/1995 Sb., o státní statistické službě, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. In: *Sbírka zákonů, Česká republika*. Částka 75, s. 2869-2881. Ve znění pozdějších předpisů. ISSN 1211-1244.

ČESKO, 2010a. Zákon č. 194 ze dne 20. května 2010 o veřejných službách v přepravě cestujících a o změně dalších zákonů. In: *Sbírka zákonů, Česká republika*. Částka 65, s. 2210-2222. Ve znění pozdějších předpisů. ISSN 1211-1244.

ČESKO, 2010b. Vyhláška Ministerstva dopravy č. 297 ze dne 20. října 2010 o stanovení vzoru formuláře pro uveřejnění oznámení o zahájení nabídkového řízení pro výběr dopravce k uzavření smlouvy o veřejných službách v přepravě cestujících. In: *Sbírka zákonů, Česká republika*. Částka 110, s. 4238-4242. Ve znění pozdějších předpisů. ISSN 1211-1244.

ČESKO, 2013. Dopravní politika pro období 2014-2020. *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. [citováno 2018-11-22]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Strategie/Dopravni-politika-CR-pro-obdobi-2014-2020-s-vyhled>

ČESKO, 2016a. Usnesení vlády České republiky ze dne 9. března 2016 č. 191 o způsobu řešení organizace a financování regionální železniční dopravy po roce 2019. *Úřad vlády České republiky* [online]. [citováno 2017-12-10]. Dostupné z:

<https://apps.odok.cz/attachment/-/down/VPRAA83AWSPX>

ČESKO, 2016b. Usnesení vlády České republiky ze dne 20. července 2016 č. 645 k právnímu zajištění spolufinancování regionální železniční dopravy po roce 2019. *Úřad vlády České republiky* [online]. [citováno 2017-12-10]. Dostupné z:

<https://apps.odok.cz/attachment/-/down/RCIAAC8GXLBW>

ČESKO, JIHOČESKÝ KRAJ, JIHOMORAVSKÝ KRAJ, KRÁLOVÉHRADECKÝ KRAJ, KARLOVARSKÝ KRAJ, LIBERECKÝ KRAJ, MORAVSKOSLEZSKÝ KRAJ, OLOMOUCKÝ KRAJ, PARDUBICKÝ KRAJ, PLZEŇSKÝ KRAJ, STŘEDOČESKÝ KRAJ, ÚSTECKÝ KRAJ, KRAJ VYSOČINA, ZLÍNSKÝ KRAJ, HLAVNÍ MĚSTO PRAHA a ASOCIACE KRAJŮ ČESKÉ REPUBLIKY, 2009. Memorandum o zajištění stabilního financování dopravní obslužnosti veřejnou regionální železniční osobní dopravou. *Asociace krajů České republiky* [online]. [citováno 2016-06-10]. Dostupné z: [http://www.asociacekrajů.cz/files/files/dokumenty/Memorandum\\_Zel\\_doprava\\_podepsane\\_091221.pdf](http://www.asociacekrajů.cz/files/files/dokumenty/Memorandum_Zel_doprava_podepsane_091221.pdf)

ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ, 2019. Katastrální mapa – TICL. *Český úřad zeměměřický a katastrální* [online]. [citováno 2019-08-02]. Dostupné z: <https://geoportal.cuzk.cz/mapycuzk/>

ČÍŽEK, Pavel a Jan Ámos VÍŠEK, 2000. Least trimmed squares, SFB 373 Discussion Paper, No. 2000,53. *Humboldt University of Berlin, Interdisciplinary Research Project 373: Quantification and Simulation of Economic Processes* [online]. [citováno 2018-06-06]. Dostupné z: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:11-10047794>

ČÍŽEK, Pavel, 2001. *Robust Estimation with Discrete Explanatory Variable*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, CERGE. ISBN 80-86266-66-5.

ČÍŽEK, Pavel, 2002. Nonlinear Least Trimmed Squares. In: ANTOCH, Jaromír, Gejza DOHNAL a Jan KLASCHKA, eds. *ROBUST 2002: Sborník prací Dvanácté zimní školy Jednoty Českých Matematiků a Fyziků konané ve dnech 21. –25. ledna 2002 v Hejnicích*. Praha: JČMF, s. 78-86. ISBN 80-7015-900-6.

ČSÚ, 2013a. Statistický lexikon obcí – 2013. *Český statistický úřad | ČSÚ* [online]. [citováno 2016-11-06]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/4116-13-n\\_2013-05](https://www.czso.cz/csu/czso/4116-13-n_2013-05)

- ČSÚ, 2013b. Ústecký kraj – Okres Ústí nad Labem. *Český statistický úřad | ČSÚ* [online]. [citováno 2018-02-12]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/24336427/4116130537.xls/862047e1-6726-4b44-bfac-daac1ef67b19?version=1.0>
- ČSÚ, 2015. Historický lexikon obcí České republiky - 1869 - 2011. *Český statistický úřad | ČSÚ* [online]. [citováno 2018-02-12]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/historicky-lexikon-obci-1869-az-2015>
- ČSÚ, 2016a. Demografické ročenky (pramenná díla) 2010 – 2015. *Český statistický úřad | ČSÚ* [online]. [citováno 2016-10-06]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/casova\\_rada\\_demografie](https://www.czso.cz/csu/czso/casova_rada_demografie)
- ČSÚ, 2016b. Statistická ročenka České republiky – 2016: 19. Doprava, informační a komunikační činnosti: 19-8. Motorová a přípojná vozidla. *Český statistický úřad | ČSÚ* [online]. [citováno 2016-10-06]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/48833062/320198161908.xlsx/5fa10e0f-2a31-4b35-898a-ddcff6687e9f?version=1.1>
- ČSÚ, 2018. Základní územní číselníky na území ČR a klasifikace CZ-NUTS: Struktura území České republiky. *Český statistický úřad | ČSÚ* [online]. [citováno 2019-03-01]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/i\\_zakladni\\_uzemni\\_ciselniky\\_na\\_uzemi\\_cr\\_a\\_klasifikace\\_cz\\_nuts](https://www.czso.cz/csu/czso/i_zakladni_uzemni_ciselniky_na_uzemi_cr_a_klasifikace_cz_nuts)
- ČSÚ, 2019a. Pohyb obyvatelstva - rok 2018. *Český statistický úřad | ČSÚ* [online]. [citováno 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cr/pohyb-obyvatelstva-rok-2018>
- ČSÚ, 2019b. Počet obyvatel v obcích - k 1.1.2019. *Český statistický úřad | ČSÚ* [online]. [citováno 2019-08-06]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-za0wri436p>
- DALDOUL, Manel, Sami JARBOUI a Ahlem DAKHLAOUI, 2016. Public transport demand: dynamic panel model analysis. *Transportation*. Vol. 43, no. 3, s. 491-505. ISSN 0049-4488.
- DAMBORSKÝ, Milan, Andrej HOFFMANN, Martina KIRCHRATHOVÁ, Jaroslav PAZNOCHT a Pavlína VELIKOVSKÁ, 2014. *Regionální veřejná doprava v České republice*. Brno: Pavel Křepela. ISBN 978-80-86669-28-1.

- DANIELS, Rhonda a Corinne MULLEY, 2013. Explaining walking distance to public transport: The dominance of public transport supply. *Journal of Transport and Land Use*. Vol. 6, no. 2, s. 5-20. ISSN 1938-7849.
- DARGAY, Joyce M., 2002. Determinants of car ownership in rural and urban areas: a pseudo-panel analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. Vol. 38, no. 5, s. 351-366. ISSN 1366-5545.
- DE JONG, Piet, 1989. Smoothing and Interpolation with the State-Space Model. *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 84, no. 408, s. 1085-1088. ISSN 0162-1459.
- DE VOS, Jonas a Frank WITLOX, 2013. Transportation policy as spatial planning tool; reducing urban sprawl by increasing travel costs and clustering infrastructure and public transportation. *Journal of Transport Geography*. Vol. 33, s. 117-125. ISSN 0966-6923.
- DELBOSC, Alexa a Graham CURRIE, 2011. Using Lorenz curves to assess public transport equity. *Journal of Transport Geography*. Vol. 19, no. 6, s. 1252-1259. ISSN 0966-6923.
- DENG, Taotao a John D. NELSON, 2010. The Impact of Bus Rapid Transit on Land Development: A Case Study of Beijing, China. *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*. Vol. 4, no. 6, s. 1169-1179. ISSN 1307-6892.
- DEUTSCHLAND, 1949. Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland. Zuletzt geändert durch Art. 1 G v. 23.12.2014 I 2438. *Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz* [online]. [citováno 2016-08-15]. Dostupné z:  
<https://www.gesetze-im-internet.de/gg/BJNR000010949.html>
- DEUTSCHLAND, 1961. Personenbeförderungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. August 1990 (BGBl. I S. 1690), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 14 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden. *Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz* [online]. [citováno 2019-02-20]. Dostupné z:  
<https://www.gesetze-im-internet.de/pbefg/BJNR002410961.html>
- DEUTSCHLAND, 1993. Gesetz zur Regionalisierung des öffentlichen Personennahverkehrs (Regionalisierungsgesetz - RegG). *Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz* [online]. [citováno 2016-08-15]. Dostupné z:  
<https://www.gesetze-im-internet.de/regg/BJNR239500993.html>



- DIJKSTRA, Theo K., 2014. Ridge regression and its degrees of freedom. *Quality & Quantity*. Vol. 48, no. 6, s. 3185-3193. ISSN 0033-5177.
- DOBBS, Lynn, 2005. Wedded to the car: women, employment and the importance of private transport. *Transport Policy*. Vol. 12, no. 3, s. 266-278. ISSN 0967-070X.
- DOLEŽALOVÁ, Gabriela a Martin OUŘEDNÍČEK, 2006. Životní styl obyvatel v suburbánní zóně Prahy. In: OUŘEDNÍČEK, Martin, ed. *Sociální geografie Pražského městského regionu*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, s. 143-159. ISBN 80-86561-94-1.
- DOORNIK, Jurgen A., 2011. Robust Estimation Using Least Trimmed Squares. *Department of Economics and Business Economics, School of Business and Social Sciences | Aarhus University* [online]. [citováno 2018-11-03]. Dostupné z: [http://econ.au.dk/fileadmin/site\\_files/filer\\_oekonomi/subsites/creates/Seminar\\_Papers/2011/ELTS.pdf](http://econ.au.dk/fileadmin/site_files/filer_oekonomi/subsites/creates/Seminar_Papers/2011/ELTS.pdf)
- DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA ÚSTÍ NAD LABEM, 2019. Jízdní řády. *Dopravní podnik města Ústí nad Labem* [online]. [citováno 2019-08-02]. Dostupné z: <https://dpmul.cz/?page=jizdni-rady>
- DOPRAVNÍ SPOLEČNOST ÚSTECKÉHO KRAJE, 2019a. Jízdní řád 592451 Petrovice, Krásný Les-Ústí n.L.-Velké Březno-Homole u P., Sulestice. *CHAPS spol. s r.o. – Portál CIS JŘ* [online]. [citováno 2019-08-01]. Dostupné z: [https://portal.cisjr.cz/Down.aspx?f=pdf/L592451\\_190701\\_353730.pdf](https://portal.cisjr.cz/Down.aspx?f=pdf/L592451_190701_353730.pdf)
- DOPRAVNÍ SPOLEČNOST ÚSTECKÉHO KRAJE, 2019b. Jízdní řád 592457 Ústí n.L.-Řehlovice-Řehlovice, Dubice. *CHAPS spol. s r.o. – Portál CIS JŘ* [online]. [citováno 2019-08-01]. Dostupné z: [https://portal.cisjr.cz/Down.aspx?f=pdf/L592457\\_190701\\_353735.pdf](https://portal.cisjr.cz/Down.aspx?f=pdf/L592457_190701_353735.pdf)
- DORSEY, Bryan, 2005. Mass transit trends and the role of unlimited access in transportation demand management. *Journal of Transport Geography*. Vol. 13, no. 3, s. 235-246. ISSN 0966-6923.
- DORUGADE, Ashok Vithoba a Dattatraya N. KASHID, 2010. Alternative Method for Choosing Ridge Parameter for Regression. *Applied Mathematical Sciences*. Vol. 4, no. 9, s. 447-456. ISSN 1314-7552.

- DORUGADE, Ashok Vithoba, 2018. New ridge parameters for ridge regression. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*. Vol. 15, no. 1, s. 94-99. ISSN 1815-3852.
- DRAHOTSKÝ, Ivo, 2010. Controversial Questions of Transport Policy. In: *5<sup>th</sup> International Scientific Conference Theoretical and Practical Issues in Transport*. Pardubice: Univerzita Pardubice, s. 257-261. ISBN 978-80-7395-245-7.
- DRAPER, Norman Richard a Harry SMITH, 1998. *Applied regression analysis*. Third ed. Hoboken: John Wiley & Sons. ISBN 978-1-118-62562-0.
- DRDLA, Pavel, 2014. *Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu*. Pardubice: Tiskařské středisko Univerzity Pardubice. ISBN 978-80-7395-787-2.
- DREVS, Florian, Dieter K. TSCHEULIN, Jörg LINDENMEIER a Simone RENNER, 2014. Crowding-in or crowding out: An empirical analysis on the effect of subsidies on individual willingness-to-pay for public transportation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 59, s. 250-261. ISSN 0965-8564.
- DUBÉ, Jean, François Des ROSIERS, Marius THÉRIAULT a Patricia DIB, 2011. Economic impact of a supply change in mass transit in urban areas: A Canadian example. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 45, no. 1, s. 46-62. ISSN 0965-8564.
- DUCHOŇ, Bedřich, 2010. Transport as a Factor of Sustainability of National Economy. In: *5<sup>th</sup> International Scientific Conference Theoretical and Practical Issues in Transport*. Pardubice: Univerzita Pardubice, s. 440-448. ISBN 978-80-7395-245-7.
- DUKÁT, Jiří, 2005. Co s brněnským železničním uzlem? *Národohospodářský obzor*. Vol. 5, no. 4, s. 6-20. ISSN 1804-1663.
- EATON, Brian a David HOLDING, 1996. The evaluation of public transport alternatives to the car in British National Parks. *Journal of Transport Geography*. Vol. 4, no. 1, s. 55-65. ISSN 0966-6923.
- EL-DERENY Mohamed a Nasr Ibrahim RASHWAN, 2011. Solving Multicollinearity Problem Using Ridge Regression Models. *International Journal of Contemporary Mathematical Sciences*. Vol. 6, no. 12, s. 585-600. ISSN 1312-7586.

EU, 2007. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1370/2007 ze dne 23. října 2007 o veřejných službách v přepravě cestujících po železnici a silnici a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 1191/69 a č. 1107/70. In: *Úřední věstník Evropské unie*. L 315, 3.12.2007, s. 1-13. Ve znění pozdějších předpisů. ISSN 1725-5074.

EU, 2018. *Energy, transport and environment indicators / 2018 edition*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-79-96508-1.

EVROPSKÁ KOMISE, 2001. Bílá kniha: Evropská dopravní politika pro rok 2010: čas rozhodnout, KOM(2010) 370 v konečném znění. *EUR-Lex* [online]. [citováno 2016-07-20]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1483270217372&uri=CELEX:52001DC0370>

EVROPSKÁ KOMISE, 2010. First Thematic Research Summary: Economic Aspects of Sustainable Mobility. *Transport Research & Innovation Portal* [online]. [citováno 2016-08-12]. Dostupné z: [http://www.transport-research.info/sites/default/files/thematic-analysis/20100618\\_165137\\_75700\\_TRS %20Economic %20Aspects.pdf](http://www.transport-research.info/sites/default/files/thematic-analysis/20100618_165137_75700_TRS%20Economic%20Aspects.pdf)

EVROPSKÁ KOMISE, 2011. Bílá kniha: Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje, KOM(2011) 144 v konečném znění. *EUR-Lex* [online]. [citováno 2016-07-08]. Dostupné z: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX %3A52011DC0144](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A52011DC0144)

EVROPSKÉ HOSPODÁŘSKÉ SPOLEČENSTVÍ, 1969. Nařízení Rady (EHS) č. 1191/69 ze dne 26. června 1969 o postupu členských států ohledně závazků vyplývajících z pojmu veřejné služby v dopravě po železnici, silnici a vnitrozemských vodních cestách. In: *Úřední věstník Evropských Společenství*. L 156, 28.6.1969, s. 19-25. ISSN 1725-5074.

EVROPSKÉ HOSPODÁŘSKÉ SPOLEČENSTVÍ, 1970. Nařízení Rady (EHS) č. 1107/70 ze dne 4. června 1970 o poskytování podpor dopravě po železnici, silnici a vnitrozemských vodních cestách. In: *Úřední věstník Evropských Společenství*. L 130, 15.6.1970, s. 1-3. ISSN 1725-5074.

EYKHOFF, Pieter, 1974. *System identification: parameter and state estimation*. New York: Wiley-Interscience. ISBN 0-471-24980-7.

FARRAR, Donald E. a Robert R. GLAUBER, 1967. Multicollinearity in Regression Analysis: The Problem Revisited. *The Review of Economics and Statistics*. Vol. 49, no. 1, s. 92-107. ISSN 0034-6535.

- FAVA, Valentina, 2013. *The socialist people's car: automobiles, shortages and consent in the Czechoslovak road to mass production (1918-64)*. Amsterdam: Amsterdam University. ISBN 978-90-8964-399-5.
- FILIPPINI, Massimo, Martin KOLLER a Giuliano MASIERO, 2015. Competitive tendering versus performance-based negotiation in Swiss public transport. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 82, s. 158-168. ISSN 0965-8564.
- FIŠEROVÁ, Eva, 2015. *Lineární statistické modely*. 2. dopl. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4797-1.
- FOTR, Jiří a Jiří HNILICA, 2014. *Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5104-7.
- FRANC, Jiří, 2011. Robust regression - Robust estimation of regression coefficients in linear regression model when orthogonality condition is breaking. *Univerzita Karlova* [online]. [citováno 2017-06-20]. Dostupné z: <http://ai.ms.mff.cuni.cz/~sui/franc.pdf>
- FRÖIDH, Oskar a Camilla BYSTRÖM, 2013. Competition on the tracks – Passengers' response to deregulation of interregional rail services. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 56, s. 1-10. ISSN 0965-8564.
- FRÖIDH, Oskar, 2005. Market effects of regional high-speed trains on the Svealand line. *Journal of Transport Geography*. Vol. 13, no. 4, s. 352-361. ISSN 0966-6923.
- FU, Xuemei a Zhicai JUAN, 2017. Exploring the psychosocial factors associated with public transportation usage and examining the “gendered” difference. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 103, s. 70-82. ISSN 0965-8564.
- GACITÚA-MARIÓ, Estanislao, Carlos SOJO a Shelton H. DAVIS, 2000. *Exclusión social y reducción de la pobreza en América Latina y Caribe*. Washington, D.C.: Banco Mundial. ISBN 9-977-68110-4.
- GATTA, Valerio a Edoardo MARCUCCI, 2007. Quality and Public Transport Service Contracts. *European Transport / Trasporti Europei*. Vol. 36, s. 92-106. ISSN 1825-3997.
- GAUß, Carl Friedrich, 1809. *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium*. *ETH Bibliothek Zürich* [online]. [citováno 2016-05-11]. Dostupné z: <https://www.e-rara.ch/zut/doi/10.3931/e-rara-522>

- GELADI, Paul a Bruce R. KOWALSKI, 1986. Partial Least-Squares Regression: A Tutorial. *Analytica Chimica Acta*. No. 185, s. 1-17. ISSN 0003-2670.
- GOLUB, Gene H., Michael HEATH a Grace WAHBA, 1979. Generalized Cross-Validation as a Method for Choosing a Good Ridge Parameter. *Technometrics*. Vol. 21, no. 2, s. 215-223. ISSN 0040-1706.
- GRANDJOT, Hans-Helmut a Tobias BERNECKER, 2014. *Verkehrspolitik Grundlagen, Herausforderungen, Perspektiven*. 2., komplett überarb. Aufl. Hamburg: DVV Media Group. ISBN 978-38-7154-495-8.
- GRAY, David, 2001. *RURAL TRANSPORT: An Overview of Key Issues*. Aberdeen: The Centre for Transport Policy.
- GRAY, David, Joh H. FARRINGTON a Andreas KAGERMEIER, 2008. Geographies of Rural Transport. In: KNOWLES, Richard D., Jon SHAW a Iain DOCHERTY, eds. *Transport geographies: mobilities, flows, and spaces*. Malden: Blackwell, s. 102-119. ISBN 978-1-4051-5323-2.
- GRAY, David, Jon SHAW a John FARRINGTON, 2006. Community transport, social capital and social exclusion in rural areas. *Area*. Vol. 38, no. 1, s. 89-98. ISSN 0004-0894.
- GREAT BRITAIN, 1999. *Rural economies: a Performance and Innovation Unit report*. London: Cabinet Office. ISBN 01-170-267-35.
- GREEN, Milford B. a Stephen P. MEYER, 1997. An overview of commuting in Canada: With special emphasis on rural commuting and employment. *Journal of Rural Studies*. Vol. 13, no. 2, s. 163-175. ISSN 0743-0167.
- GREGORC, Cveto a David KRIVEC, 2012. Networking of Public Passenger Transport Modes, a Step Towards Sustainable Mobility in Ljubljana Urban Region. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Vol. 48, s. 3009-3017. ISSN 1877-0428.
- GRUBBS, Frank E., 1969. Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples. *Technometrics*. Vol. 11, no. 1, s. 1-21. ISSN 0040-1706.
- GWILLIAM, Ken, 2008. A review of issues in transit economics. *Research in Transportation Economics*. Vol. 23, no. 1, s. 4-22. ISSN 0739-8859.
- HADAS, Yuval, 2013. Assessing public transport systems connectivity based on Google Transit data. *Journal of Transport Geography*. Vol. 33, s. 105-116. ISSN 0966-6923.

- HÁLA, Martin a Daniela JARUŠKOVÁ, 1999. *Pravděpodobnost a matematická statistika: tabulky*. Vyd. 2. Praha: Nakladatelství ČVUT. ISBN 80-01-03519-0.
- HALÁS, Marián a Pavel KLAPKA, 2012. Contribution to regional division of Slovakia based on the application of the Reilly's model. *Hungarian Geographical Bulletin*. Vol. 61, no. 3, s. 237-255. ISSN 2064-5031.
- HALÁS, Marián, Pavel KLAPKA a Petr KLADIVO, 2014. Distance-decay functions for daily travel-to-work flows. *Journal of Transport Geography*. Vol. 35, s. 107-119. ISSN 0966-6923.
- HAMPL, Martin, Jiří BLAŽEK a Pavla ŽÍŽALOVÁ, 2008. Faktory – mechanismy – procesy v regionálním vývoji: aplikace konceptu kritického realizmu. *Ekonomický časopis / Journal of Economics*. Vol. 56, no. 7, s. 696-711. ISSN 0013-3035.
- HANNECKE, Marcus, Ross MOORE a Herb SWAN, 2011. Least Trimmed Squares Estimator. *Humboldt-Universität zu Berlin* [online]. [citováno 2019-06-20]. Dostupné z: [http://sfb649.wiwi.hu-berlin.de/fedc\\_homepage/xplore/tutorials/xaghtmlnode12.html](http://sfb649.wiwi.hu-berlin.de/fedc_homepage/xplore/tutorials/xaghtmlnode12.html)
- HANSON, Susan a Genevieve GIULIANO, 2004. *The geography of urban transportation*. 3rd ed. New York: The Guilford. ISBN 1-593-85055-7.
- HARLOE, Michael, 1996. Cities in the Transition. In: ANDRUSZ, Gregory, Michael HARLOE a Ivan SZELENYI, eds. *Cities After Socialism*. Oxford: Blackwell, s. 1-29. ISBN 978-0-4707-1273-3.
- HART, Chris, 1998. *Doing a literature review: releasing the social science research imagination*. London: Sage Publications. ISBN 978-07-6195-975-5.
- HAWAS, Yaser E., 2013. Simulation-Based Regression Models to Estimate Bus Routes and Network Travel Times. *Journal of Public Transportation*. Vol. 16, no. 4, s. 107-130. ISSN 1077-291X.
- HEBÁK, Petr, 1998. *Regrese. Část I*. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze. ISBN 80-7079-909-9.
- HEBÁK, Petr a Alžběta SVOBODOVÁ, 2001. *Regrese - II. část*. Praha: Vysoká škola ekonomická. ISBN 80-245-0134-1.
- HEBBERT, Michael, 2014. Crossrail: the slow route to London's regional express railway. *Town Planning Review*. Vol. 85, no. 2, s. 171-190. ISSN 0041-0020.

- HENDL, Jan, 2008. *Kvalitativní výzkum: základní teorie, metody a aplikace*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-485-4.
- HENSHER, David A., 2007. *Bus transport: economics, policy and planning*. Amsterdam: Elsevier. ISBN 978-0-7623-1408-9.
- HILMOLA, Olli Pekka, 2011. Benchmarking efficiency of public passenger transport in larger cities. *Benchmarking: An International Journal*. Vol. 18, no. 1, s. 23-41. ISSN 1463-5771.
- HIRT, Sonia a Kiril STANILOV, 2009. *Twenty years of transition: the evolution of urban planning in Eastern Europe and the former Soviet Union, 1989-2009*. Nairobi: U.N. HABITAT. ISBN 978-9-2113-1924-8.
- HIRT, Sonia, 2013. Whatever happened to the (post)socialist city? *Cities*. Vol. 32, s. 29-38. ISSN 0264-2751.
- HLADKÝ, Radovan, Alena ROCHOVSKÁ a Juraj MAJO, 2014. Identifikácia potenciálne periférnych vidieckych obcí Trenčianskeho kraja. *Geografická revue*. Vol. 10, no. 2, s. 5-27. ISSN 1336-7072.
- HOAGLIN, David C. a Roy E. WELSCH, 1978. The Hat Matrix in Regression and ANOVA. *The American Statistician*. Vol. 32, no. 1, s. 17-22. ISSN 0003-1305.
- HOCKING, Ronald R. a Robert Norton LESLIE, 1967. Selection of the Best Subset in Regression Analysis. *Technometrics*. Vol. 9, no. 4, s. 531-540. ISSN 0040-1706.
- HOERL, Arthur E. a Robert W. KENNARD, 1970. Ridge Regression: Biased Estimation for Nonorthogonal Problems. *Technometrics*. Vol. 12, no. 1, s. 55-67. ISSN 0040-1706.
- HORÁK, Jiří, Igor IVAN a David FOJTÍK, 2015. Time of Day Dependency of Public Transport Accessibility in the Czech Republic. In: IVAN, Igor, Itzhak BENENSON, Bin JIANG, Jiří HORÁK, James HAWORTH a Tomáš INSPEKTOR, eds. *Geoinformatics for Intelligent Transportation*. Cham: Springer International Publishing, s. 93-108. ISBN 978-3-319-11462-0.
- HORŇÁK, Marcel a Vladimír TÓTH, 2013. Aktuálne problémy verejnej dopravy v regióne Gemer. In: KVIKZDA, Martin a Zdeněk TOMEŠ, eds. *Regulovaná a neregulovaná konkurencia na kolejičkách*. Brno: Masarykova univerzita, s. 49-61. ISBN 97-8802-1064-256.

- HORŇÁK, Marcel, Peter STRUHÁR a Tomáš PŠENKA, 2015. Evaluation of high-standard public transport centres in the Slovak Republic. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*. Vol. 30, s. 59-70. ISSN 2083-8298.
- HSIAO, Shirley, Jian LU, James STERLING a Matthew WEATHERFORD, 1997. Use of Geographic Information System for Analysis of Transit Pedestrian Access. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. Vol. 1604, s. 50-59. ISSN 0361-1981.
- HUBER, Peter J. a Elvezio M. RONCHETTI, 2009. *Robust statistics*. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons. ISBN 0-47-01299-05.
- CHAPS a MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2019. Celostátní informační systém o jízdách řádech. *CHAPS spol. s r.o. – Portál CIS JŘ* [online]. [citováno 2019-06-12]. Dostupné z: <http://portal.cisjr.cz>
- CHIOU, Yu-Chiun, Rong-Chang JOU a Cheng-Han YANG, 2015. Factors affecting public transportation usage rate: Geographically weighted regression. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 78, s. 161-177. ISSN 0965-8564.
- CHMELÍK, Jakub, Viktor KVĚTOŇ a Miroslav MARADA, 2010. Evaluation of Competitiveness of Rail Transport on Example of Connection Among Regional Capitals in Czechia. *Review of Economic Perspectives*. Vol. 10, no. 1, s. 5-20. ISSN 1804-1663.
- IBM KNOWLEDGE CENTRE, 2018. Studentized Residual Test. *IBM* [online]. [citováno 2018-11-22]. Dostupné z: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSEP7J\\_11.1.0/com.ibm.swg.ba.cognos.ug\\_ca\\_dshb.doc/studentized\\_residual\\_test.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSEP7J_11.1.0/com.ibm.swg.ba.cognos.ug_ca_dshb.doc/studentized_residual_test.html)
- ISTRATE, Marian Ionuț, 2016. Analysis of the Public Transport Provision in Suceava-Botoșani Urban Area (Romania). *Journal of Urban and Regional Analysis*. Vol. 8, no. 1, s. 61-74. ISSN 2067-4082.
- IVAN, Igor a Jiří HORÁK, 2015. Demand and Supply of Transport Connections for Commuting in the Czech Republic. In: IVAN, Igor, Itzhak BENENSON, Bin JIANG, Jiří HORÁK, James HAWORTH a Tomáš INSPEKTOR, eds. *Geoinformatics for Intelligent Transportation*. Cham: Springer International Publishing, s. 137-147. ISBN 978-3-319-11462-0.



- IVAN, Igor a Tomáš BORUTA, 2009. Současný stav intraregionální dopravní obslužnosti na Jesenícku. In: PEŠKOVÁ, Kateřina, ed. *Sborník příspěvků - Proceedings. Symposium GIS Ostrava 2009*. Ostrava: Tanger, s. 362-372. ISBN 978-80-87294-00-0.
- IVAN, Igor, Jiří HORÁK a Lenka ZAJÍČKOVÁ, 2014. Theoretical and real public transport flows – daily commuting in the Czech Republic. In: ČOKORILO, Olja, ed. *Proceedings of the International Conference on Traffic and Transport Engineering, ICTTE 2014 Belgrade*. 27-28 November 2014, s. 938-946. ISBN 978-86-916153-2-1.
- JAIN, Priyanka, Sharon CULLINANE a Kevin CULLINANE, 2008. The impact of governance development models on urban rail efficiency. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 42, no. 9, s. 1238-1250. ISSN 0965-8564.
- JANÍČEK, Přemysl a Jiří MAREK, 2013. *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4127-7.
- JARAMILLO, Ciro, Carmen LIZÁRRAGA a Alejandro Luis GRINDLAY, 2012. Spatial disparity in transport social needs and public transport provision in Santiago de Cali (Colombia). *Journal of Transport Geography*. Vol. 24, s. 340-357. ISSN 0966-6923.
- JESSON, Jill, Lydia MATHESON a Fiona M. LACEY, 2011. *Doing your literature review: traditional and systematic techniques*. London: SAGE. ISBN 978-18-4860-154-3.
- JIRSÁK, Petr, Michal MERVART a Marek VINŠ, 2012. *Logistika pro ekonomy: vstupní logistika*. Praha: Wolters Kluwer ČR. ISBN 978-80-7357-958-6.
- JORDAN, Connor a Stephen NUTLEY, 1993. Rural Accessibility and Public Transport in Northern Ireland. *Irish Geography*. Vol. 26, no. 2, s. 120-132. ISSN 0075-0778.
- KAMPF, Rudolf, Libor ŠVADLENKA, Helena BECKOVÁ a Daniel SALAVA, 2006. Supply and demand equilibrium in transport sector. *Scientific papers of the University of Pardubice. Series B, The Jan Perner Transport Faculty*. Vol. 12, s. 123-134. ISSN 1211-6610.
- KAMRUZZAMAN, Muhammad a Julian HINE, 2012. Analysis of rural activity spaces and transport disadvantage using a multi-method approach. *Transport Policy*. Vol. 19, no. 1, s. 105-120. ISSN 0967-070X.
- KARATHODOROU, Niovi, Daniel J. GRAHAM a Robert B. NOLAND, 2010. Estimating the effect of urban density on fuel demand. *Energy Economics*. Vol. 32, no. 1, s. 86-92. ISSN 0140-9883.

- KARL, Astrid, 2018. Commercial services in German local public transport. *Research in Transportation Economics*. Vol. 69, s. 319-325. ISSN 0739-8859.
- KARLAFTIS, Matt G. a Patrick MCCARTHY, 1998. Operating subsidies and performance in public transit: an empirical study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 32, no. 5, s. 359-375. ISSN 0965-8564.
- KARTTUNEN, Jouko, Olli Pekka HILMOLA a Juha SARANEN, 2010. Evaluating light rail as a short distance passenger transportation solution in a midsized town. *World Review of Intermodal Transportation Research*. Vol. 3, no. 1/2, s. 121-136. ISSN 1749-4729.
- KAŠPAROVÁ, Miloslava, 2006. Prediction model for financing of basic transport services. *Scientific papers of the University of Pardubice. Series D, Faculty of Economics and Administration*. Vol. 10, s. 74-80. ISSN 1211-555X.
- KENYON, Susan, Glenn LYONS a Jackie RAFFERTY, 2002. Transport and social exclusion: investigating the possibility of promoting inclusion through virtual mobility. *Journal of Transport Geography*. Vol. 10, no. 3, s. 207-219. ISSN 0966-6923.
- KIESELBACH, Thomas, Gert BEELMANN a Ute TRAISER, 2002. Youth Unemployment and Social Exclusion in Six Countries of the EU: Dimensions, Subjective Experiences, and Institutional responses in Six Countries of the EU (YUSEDER). *European Commission – Community Research and Development Information Service (CORDIS)* [online]. [citováno 2016-09-11]. Dostupné z: <http://cordis.europa.eu/documents/documentlibrary/78645351EN6.pdf>
- KIMPEL, Thomas J., Kenneth J. DUEKER a Ahmed M. EL-GENEIDY, 2007. Using GIS to Measure the Effect of Overlapping Service Areas on Passenger Boardings at Bus Stops. *Urban and Regional Information Systems Association Journal*. Vol. 19, no. 1, s. 5-11. ISSN 1045-8077.
- KITTELSON & ASSOCIATES, TRANSIT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM, FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION, NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.) a TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2003. *Transit capacity and quality of service manual*. 2nd ed. Washington: Transportation Research Board.

- KLEPRLÍK, Jaroslav, 2011. Zhodnocení změn v zajištění dopravní obslužnosti v České republice a návrhy jejich doplnění. *Perner's Contacts*. Vol. 6, no. 1, s. 111-117. ISSN 1801-674X.
- KNOWLES, Richard D., 2006. Transport shaping space: differential collapse in time-space. *Journal of Transport Geography*. Vol. 14, no. 6, s. 407-425. ISSN 0966-6923.
- KOENKER, Roger a Gilbert BASSETT, 1978. Regression Quantiles. *Econometrica*. Vol. 46, no. 1, s. 33-50. ISSN 0012-9682.
- KORDIS JMK, 2011. Plán dopravní obslužnosti Jihomoravského kraje pro období let 2012 až 2016. *Jihomoravský kraj* [online]. [citováno 2016-06-14]. Dostupné z: <http://www.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?PubID=176382&TypeID=7>
- KORDIS JMK, 2016. Plán dopravní obslužnosti Jihomoravského kraje pro období let 2017 až 2021. *Jihomoravský kraj* [online]. [citováno 2016-11-11]. Dostupné z: <http://www.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?PubID=325444&TypeID=7>
- KORID LK, 2015. Plán dopravní obslužnosti Libereckého kraje, Aktualizace pro období 2012 - 2018. *Liberecký kraj* [online]. [citováno 2017-07-11]. Dostupné z: <https://doprava.kraj-lbc.cz/Dokumenty-odboru-dopravy/aktualizace-planu-dopravni-obslužnosti-libereckeho-kraje-pro-obdobi-2012-2018/plan-dopravni-obslužnosti-lk-finalni-dokument-ke-stazeni>
- KOVALČÍKOVÁ, Daniela a Jan ŠTANDERA, 2011. *Zákon o veřejných službách v přepravě cestujících: Komentář*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika. ISBN 978-80-7357-662-2.
- KOVED, 2011. Plán dopravní obslužnosti území - Zlínský kraj na léta 2012 – 2016. *Zlínský kraj* [online]. [citováno 2016-05-11]. Dostupné z: <https://www.kr-zlinsky.cz/docs/clanky/dokumenty/197/dopravni-plan-zk-2012.pdf>
- KRAFT, Stanislav a Michal VANČURA, 2009. Transport Hierarchy of Czech Settlement Centres and its Changes in the Transformation period: Geographical Analysis. *Moravian Geographical Reports*. Vol. 17, no. 3, s. 41-52. ISSN 1210-8812.
- KRAFT, Stanislav, 2012. A transport Classification of Settlement Centres in the Czech Republic Using Cluster Analysis. *Moravian Geographical Reports*. Vol. 20, no. 3, s. 38-49. ISSN 1210-8812.
- KUKREJA, Sunil L., Johan LÖFBERG a Martin J. BRENNER, 2006. A Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (LASSO) for Nonlinear System Identification. *IFAC Proceedings Volumes*. Vol. 39, no. 1, s. 814-819. ISSN 1474-6670.

- KÜPPER, Patrick a Alexandra TAUTZ, 2015. Sicherung der Nahversorgung in ländlichen Räumen Europas: Strategien ausgewählter Länder im Vergleich. *Europa Regional*. Vol. 21, no. 3, s. 138-155. ISSN 0943-7142.
- KUSENDOVÁ, Dagmar a Martina SZABOVÁ, 1998. Vzdialenostné a sieťové analýzy - analytické nástroje GIS. *Kartografické listy*. Vol. 6, s. 101-110. ISSN 1336-5274.
- KUSENDOVÁ, Dagmar, 2003. Modelling of the Spatial Distribution of Population in Slovakia with the Help of Geoinformation Techniques. In: KOWALCZYK, Andrzej, ed. *Theoretical and Methodological Aspects of Geographical Space at the Turn of Century*. Warszawa: Warsaw University, Faculty of Geography and Regional Studies, s. 39-50. ISBN 83-89502-00-3.
- KUTSCHERAUER, Alois, 2014. Analýza dat v regionalistice. Socioekonomické analýzy a prognózy na podporu regionálního rozvoje. *VŠB-TUO Fakulta ekonomická* [online]. [citováno 2018-11-22]. Dostupné z: [http://alkut.cz/adr/texty/adr\\_studijni\\_opora.pdf](http://alkut.cz/adr/texty/adr_studijni_opora.pdf)
- KVĚTOŇ, Viktor, Jakub CHMELÍK, Petra VONDRÁČKOVÁ a Miroslav MARADA, 2012. Developments in the public transport serviceability of rural settlements with examples from various types of micro-regions. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica*. Vol. 47, no. 1, s. 51-63. ISSN 2336-1980.
- KVIZDA, Martin, Tomáš NIGRIN, Daniel SEIDENGLANZ a Zdeněk TOMEŠ, 2015. Standards of Transport Services – Central Strategy versus Regional Priorities – Workshop Report of the 9<sup>th</sup> Telč Seminar. *Review of Economic Perspectives*. Vol. 15, no. 4, s. 345-348. ISSN 1804-1663.
- KYOOSIK, Kim, 2019. Ridge Regression for Better Usage. *Towards Data Science* [online]. [citováno 2019-01-28]. Dostupné z: <https://towardsdatascience.com/ridge-regression-for-better-usage-2f19b3a202db>
- LAO, Yong a Lin LIU, 2009. Performance evaluation of bus lines with data envelopment analysis and geographic information systems. *Computers, Environment and Urban Systems*. Vol. 33, no. 4, s. 247-255. ISSN 0198-9715.
- LIDESTAM, Helene, Carolina CAMÉN a Björn LIDESTAM, 2018. Evaluation of cost drivers within public bus transports in Sweden. *Research in Transportation Economics*. Vol. 69, s. 157-164. ISSN 0739-8859.

- LIŠKA, Václav, 2010. *Vědecké metody pro doktorandy*. Praha: ČVUT. ISBN 978-80-01-04677-7.
- LITRA, 2016. Verkehrszahlen (Ausgabe 2016). *Informationsdienst für den öffentlichen Verkehr: öffentlicher Verkehr Fakten* [online]. [citováno 2019-01-28]. Dostupné z: <https://litra.ch/de/oev-fakten/litra-verkehrszahlen-2016/>
- LITRA, 2017. Verkehrszahlen (Ausgabe 2017). *Informationsdienst für den öffentlichen Verkehr: öffentlicher Verkehr Fakten* [online]. [citováno 2019-01-28]. Dostupné z: <https://litra.ch/de/oev-fakten/litra-verkehrszahlen-2017/>
- LITRA, 2018. Verkehrszahlen (Ausgabe 2018). *Informationsdienst für den öffentlichen Verkehr: öffentlicher Verkehr Fakten* [online]. [citováno 2019-01-28]. Dostupné z: <https://litra.ch/de/oev-fakten/litra-verkehrszahlen-2018/>
- LITSCHMANNOVÁ, Martina, 2018. Korelační a regresní analýza. *VŠB – Technická univerzita Ostrava* [online]. [citováno 2019-01-22]. Dostupné z: [http://am-nas.vsb.cz/lit40/STATLAB/ZS\\_korel\\_a\\_regresni\\_analyza\\_uvod.pdf](http://am-nas.vsb.cz/lit40/STATLAB/ZS_korel_a_regresni_analyza_uvod.pdf)
- LJUNGBERG, Anders, 2016. Marginal cost-pricing in the Swedish transport sector – An efficient and sustainable way of funding local and regional public transport in the future? *Research in Transportation Economics*. Vol. 59, s. 159-166. ISSN 0739-8859.
- LUCAS, Karen, 2006. Providing transport for social inclusion within a framework for environmental justice in the UK. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 40, no. 10, s. 801-809. ISSN 0965-8564.
- LUCAS, Karen, 2012. Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*. Vol. 20, s. 105-113. ISSN 0967-070X.
- MACZKOVICS, Carole, Geert VAN CALSTER a Bob MARTENS, 2010. Study on the implementation of Regulation (EC) N° 1370/2007 on public passenger transport services by rail and by road - Final report. *European Commission* [online]. [citováno 2018-07-21]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/pso/studies/doc/2010-pso.pdf>
- MADDISON, Angus, 2003. *The world economy: historical statistics*. Paris: Development Centre of the Organisation for Economic Co-operation and Development. ISBN 92-6410-412-7.

- MACHI, Lawrence A. a Brenda T. MCEVOY, 2016. *The literature review: six steps to success*. Third edition. Thousand Oaks, California: Corwin. ISBN 978-15-0633-624-4.
- MAMUN, Sha A., Nicholas E. LOWNES, Jeffrey P. OSLEEB a Kelly BERTOLACCINI, 2013. A method to define public transit opportunity space. *Journal of Transport Geography*. Vol. 28, s. 144-154. ISSN 0966-6923.
- MANAUGH, Kevin, Madhav G. BADAMI a Ahmed M. EL-GENEIDY, 2015. Integrating social equity into urban transportation planning: A critical evaluation of equity objectives and measures in transportation plans in North America. *Transport Policy*. Vol. 37, s. 167-176. ISSN 0967-070X.
- MARADA, Miroslav a Tomáš HUDEČEK, 2006. Accessibility of Peripheral Regions: A Case of Czechia. *EUROPA XXI*. Vol. 23, no. 24, s. 43-49. ISSN 1429-7132.
- MARADA, Miroslav a Viktor KVĚTOŇ, 2006. Význam dopravní obslužnosti v rozvoji venkovských oblastí. In: MAJEROVÁ, Věra, ed. *Venkov je náš svět : Sborník příspěvků z mezinárodní konference = Countryside - Our World : Collection of papers of international conference : Český Krumlov 1.-3.3.2006*. Praha: ČZU, s. 422-431. ISBN 80-213-1539-3.
- MARADA, Miroslav a Viktor KVĚTOŇ, 2008. Importance of transport possibilities in rural areas of Czechia. In: MAJEROVÁ, Věra, ed. *Venkov je náš svět : Sborník příspěvků z mezinárodní konference = Countryside - Our World : Collection of papers of international conference : Kutná Hora 16.-18.4.2008*. Praha: ČZU, s. 390-406. ISBN 978-80-213-1851-9.
- MARADA, Miroslav a Viktor KVĚTOŇ, 2010. Diferenciace nabídky dopravních příležitostí v českých obcích a sociogeografických mikroregionech. *Geografie*. Vol. 115, no. 1, s. 21-43. ISSN 0231-5300.
- MARADA, Miroslav, 2003. Transport typology of settlement centres of Czechia from public passenger transport point of view. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica*. Vol. 38, no. 1, s. 259-269. ISSN 2336-1980.
- MARADA, Miroslav, 2006. Dopravní vztahy v Pražském městském regionu. In: OUŘEDNÍČEK, Martin, ed. *Sociální geografie Pražského městského regionu*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, s. 64-78. ISBN 80-86561-94-1.

- MARADA, Miroslav, Viktor KVĚTOŇ a Petra VONDRÁČKOVÁ, 2006. Železniční doprava jako faktor regionálního rozvoje. *Národohospodářský obzor*. Vol. 6, no. 4, s. 51-59. ISSN 1804-1663.
- MARADA, Miroslav, Viktor KVĚTOŇ a Petra VONDRÁČKOVÁ, 2010. *Doprava a geografická organizace společnosti v Česku*. Praha: Česká geografická společnost. ISBN 978-80-904521-2-1.
- MARSDEN, Greg, 2006. The evidence base for parking policies: A review. *Transport Policy*. Vol. 13, no. 6, s. 447-457. ISSN 0967-070X.
- MARTIN, Eric, Arun SHARMA a Frank STEPHAN, 2001. A General Theory of Deduction, Induction, and Learning. In: JANTKE, Klaus P. a Ayumi SHINOHARA, eds. *Discovery science: 4th international conference, DS 2001, Washington, DC, USA, November 25-28, 2001: proceedings*. New York: Springer, s. 228-242. ISBN 978-3-540-42956-2.
- MARTÍNEZ SÁNCHEZ-MATEOS, Héctor S., Inmaculada Mohíno SANZ, José M<sup>a</sup> Ureña FRANCÉS a Eloy Solís TRAPERO, 2014. Road accessibility and articulation of metropolitan spatial structures: the case of Madrid (Spain). *Journal of Transport Geography*. Vol. 37, s. 61-73. ISSN 0966-6923.
- MASOUMI, Houshmand Ebrahimpour, 2013. Modeling the Travel Behavior Impacts of Micro-Scale Land Use and Socio-Economic Factors. *TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment*. Vol. 6, no. 2, s. 235-250. ISSN 1970-9889.
- MASSACHUSETTS BAY TRANSPORTATION AUTHORITY, 2019. Investigating Bus Ridership Using Regression Analysis. *Massachusetts Bay Transportation Authority / Data Blog – Behind the scenes with MBTA data* [online]. [citováno 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.mbtabackontrack.com/blog/79-bus-ridership-regression-model>
- MELICHAR, Vlastimil a Ivo DRAHOTSKÝ, 2007. Support of Transport Services in the Czech Republic. *Scientific papers of the University of Pardubice. Series B, The Jan Perner Transport Faculty*. Vol. 13, s. 47-58. ISSN 1211-6610.
- MEŠKO, Pavol a Mária CHOVANCOVÁ, 2015. Hodnotenie plnenia štandardov kvality v regionálnej osobnej železničnej doprave v podmienkach SR. In: KVIZDA, Martin a Zdeněk TOMEŠ, eds. *Nabídková řízení ve veřejné dopravě: příležitosti a hrozby (Procurements in public transport: opportunities and pitfalls)*. Brno: Masarykova univerzita, s. 14-38. ISBN 978-80-210-8003-4.

MICROSOFT, 2019. LINREGRESE (funkce). *Microsoft / Office – Podpora* [online]. [citováno 2019-01-12]. Dostupné z: <https://support.office.com/cs-cz/article/linregrese-funkce-84d7d0d9-6e50-4101-977a-fa7abf772b6d>

MICHALČÍK, Ondřej a František VICHTA, 2018. Aktuální problémy veřejné dopravy, navazující legislativa a další technická a organizační opatření. *Institut Jana Pernera, o.p.s. – konference Integrované dopravní systémy 2018* [online]. [citováno 2018-10-12]. Dostupné z: [http://www.perner.cz/Seminare/Ids\\_2018\\_zaver/pondeli/Michalcik.ppt](http://www.perner.cz/Seminare/Ids_2018_zaver/pondeli/Michalcik.ppt)

MICHALČÍK, Ondřej a František VICHTA, 2019. Aktuální problémy veřejné dopravy, navazující legislativa a další technická a organizační opatření. *Institut Jana Pernera, o.p.s. – konference Integrované dopravní systémy 2019* [online]. [citováno 2019-07-02]. Dostupné z: [http://www.perner.cz/Seminare/Ids\\_2019\\_zaver/pondeli/Michalcik.ppt](http://www.perner.cz/Seminare/Ids_2019_zaver/pondeli/Michalcik.ppt)

MICHNIAK, Daniel a Piotr ROSIK, 2012. Význam železniční dopravy a dostupnosti pro rozvoj cestovního ruchu v slovenskopolskom pohraničí. In: KVIKZDA, Martin a Zdeněk TOMEŠ, eds. *Konkurence na železnici – budoucnost pro 21. století nebo destrukce sítě?* Brno: Masarykova univerzita, s. 46-59. ISBN 978-80-210-6002-9.

MICHNIAK, Daniel, 2014. Vybrané přístupy k hodnotení dopravnej dostupnosti vo vzťahu k rozvoju cestovního ruchu. *Geografický časopis*. Vol. 66, no. 1, s. 21-38. ISSN 0016-7193.

MILITKÝ, Jiří a Milan MELOUN, 2002. Regresní diagnostika v materiálovém výzkumu. In: HELÁN, Václav a Karel STÝBLO, eds. *Hutní analytika 2002 : Sborník přednášek z 22. konference, 15. - 19. dubna 2002 v Luhačovicích*. Český Těšín: 2 THETA, s. 82-98. ISBN 80-86380-10-6.

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR a ARRIVA VLAKY, 2019. Smlouva o veřejných službách na linkách R21 Praha – Tanvald, R22 Kolín – Nový Bor, R24 Praha – Rakovník a R26 Praha – České Budějovice. *Ministerstvo vnitra ČR – Registr smluv* [online]. [citováno 2019-07-11]. Dostupné z: <https://smlouvy.gov.cz/smlouva/8128307>

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR a ČESKÉ DRÁHY, 2009. Smlouva o závazku veřejné služby v drážní osobní dopravě ve veřejném zájmu na zajištění dopravních potřeb státu na období od 1.1.2010 do konce platnosti JŘ pro období 2018/2019, včetně Dodatku č. 1 až 8. *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. [citováno 2016-09-18]. Dostupné z: <http://www.mdcz.cz/Dokumenty/Verejna-doprava/Registry,-smlouvy,-systemy/Zverejneni-smluv-na-vlakych-dalkove-dopravy-v-obdobi?returl=/Dokumenty/Verejna-doprava/Registry,-smlouvy,-systemy>



MINISTERSTVO DOPRAVY ČR a REGIOJET, 2019. Smlouva o veřejných službách v přepravě cestujících veřejnou drážní osobní dopravou k zajištění dopravní obslužnosti vlaky celostátní dopravy na lince R8 Brno – Ostrava – Bohumín. *Ministerstvo vnitra ČR – Registr smluv* [online]. [citováno 2019-07-11]. Dostupné z: <https://smlouvy.gov.cz/smlouva/8126159>

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2006. *Strategie podpory dopravní obsluhy území*. Materiál č.j. 491/06. Praha: Ministerstvo dopravy ČR.

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2014a. Zelená kniha: Koncepce veřejné dopravy. *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. [citováno 2016-04-23]. Dostupné z:

<https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Verejna-doprava/Pravni-predpisy/Zelena-a-bila-kniha-koncepce-verejne-dopravy/Zelena-kniha-koncepce-verejne-dopravy.pdf.aspx>

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2014b. Metodický pokyn č. 5 k organizaci Celostátního informačního systému o jízdních řádech. Č. j.: 11/2014-190-CIS/6. *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. [citováno 2016-12-28]. Dostupné z:

[https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Verejna-doprava/Jizdni-rady,-kalendare-pro-jizdni-rady,-metodi-\(1\)/Jizdni-rady-verejne-dopravy/metodicky-pokyn-cis-5.pdf.aspx](https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Verejna-doprava/Jizdni-rady,-kalendare-pro-jizdni-rady,-metodi-(1)/Jizdni-rady-verejne-dopravy/metodicky-pokyn-cis-5.pdf.aspx)

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2015. Bílá kniha: Koncepce veřejné dopravy 2015 – 2020 s výhledem do roku 2030. *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. [citováno 2016-06-22].

Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Verejna-doprava/Pravni-predpisy/Zelena-a-bila-kniha-koncepce-verejne-dopravy/Bila-kniha-koncepce-verejne-dopravy.pdf.aspx>

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2018a. Vlakové spojení mezi Brnem a Bohumínem bude provozovat Regiojet, další linky získá ARRIVA vlaky. *Ministerstvo dopravy ČR* [online].

[citováno 2019-07-11]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Vlakove-spojzeni-mezi-Brnem-a-Bohuminem-bude-pristi>

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2018b. Ročenka dopravy České republiky 2017

/ Transport Yearbook Czech Republic 2017. *Systém dopravní statistiky ČR (SYDOS)* [online]. [citováno 2019-06-15]. Dostupné z:

[https://www.sydos.cz/cs/rocenka\\_pdf/Rocenka\\_dopravy\\_2017.pdf](https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2017.pdf)

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2019. Ročenka dopravy České republiky 2018 / Transport Yearbook Czech Republic 2018. *Systém dopravní statistiky ČR (SYDOS)* [online].

[citováno 2019-08-03]. Dostupné z: <https://www.sydos.cz/cs/rocenka-2018/index.html>

MINISTERSTVO PRÁCE A SOCIÁLNÍCH VĚCÍ ČR, 2017. *Vývoj vybraných ukazatelů životní úrovně v České republice v letech 1993 – 2016*. Praha: Ministerstvo práce a sociálních věcí. ISBN 978-80-7421-144-7.

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY ČR, 2018a. Rejstřík škol a školských zařízení. *Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy* [online]. [citováno 2018-07-12]. Dostupné z: <https://rejstriky.msmt.cz/rejskol/>

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY ČR, 2018b. Registr vysokých škol a uskutečňovaných studijních programů. *Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy* [online]. [citováno 2018-07-12]. Dostupné z: <https://regvssp.msmt.cz/registrvssp/>

MIRALLES-GUASCH, Carme, Montserrat MARTÍNEZ MELO a Oriol MARQUET SARDA, 2014. On user perception of private transport in Barcelona Metropolitan area: an experience in an academic suburban space. *Journal of Transport Geography*. Vol. 36, s. 24-31. ISSN 0966-6923.

MIRVALD, Stanislav, 1993. *Geografie dopravy*. Plzeň: Západočeská univerzita. ISBN 80-7043-084-2.

MOEINADDINI, Mehdi, Zohreh ASADI-SHEKARI, Muhammad ZALY SHAH a Al Amir HAMZAH, 2015. Regression Analysis of Travel Indicators and Public Transport Usage in Urban Areas. *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*. Vol. 9, no. 8, s. 2889-2893. ISSN 2010-376X.

MOHAMMED, Isah Shehu a Murtala AHMED, 2018. Problems of Academic Literature Review and Writing: the way Forward. *Sahel Analyst: Journal of Management Sciences*. Vol. 16, no. 5, s. 11-26. ISSN 1117-4668.

MONTGOMERY, Douglas C., Elizabeth A. PECK a G. Geoffrey VINING, 2012. *Introduction to linear regression analysis*. Fifth ed. Hoboken: John Wiley & Sons. ISBN 978-1-119-18017-3.

MORAVSKOSLEZSKÝ KRAJ, 2011. Plán dopravní obslužnosti území Moravskoslezského kraje. *Moravskoslezský kraj* [online]. [citováno 2016-05-11]. Dostupné z: [http://www.msk.cz/assets/doprava/plan\\_dopravni\\_obslužnosti\\_msk.pdf](http://www.msk.cz/assets/doprava/plan_dopravni_obslužnosti_msk.pdf)

- MOTULSKY, Harvey J., a Ronald E. BROWN, 2006. Detecting Outliers When Fitting Data With Nonlinear Regression—a New Method Based on Robust Nonlinear Regression and the False Discovery Rate. *BMC Bioinformatics*. Vol. 7, no. 1. ISSN 1471-2105.
- MOUWEN, Arnoud a Jos VAN OMMEREN, 2016. The effect of contract renewal and competitive tendering on public transport costs, subsidies and ridership. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 87, s. 78-89. ISSN 0965-8564.
- MRKAJIĆ, Vladimir a Isabelle ANGUELOVSKI, 2016. Planning for sustainable mobility in transition cities: Cycling losses and hopes of revival in Novi Sad, Serbia. *Cities*. Vol. 52, s. 66-78. ISSN 0264-2751.
- NASIBOV, Efendi, Ahmet Can DIKER a Elvin NASIBOV, 2016. A multi-criteria route planning model based on fuzzy preference degrees of stops. *Applied Soft Computing*. Vol. 49, s. 13-26. ISSN 1568-4946.
- NCSS STATISTICAL SOFTWARE, 2019. Chapter 335: Ridge Regression. *NCSS Statistical Software* [online]. [citováno 2019-04-10]. Dostupné z: [https://ncss-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/themes/ncss/pdf/Procedures/NCSS/Ridge\\_Regression.pdf](https://ncss-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/themes/ncss/pdf/Procedures/NCSS/Ridge_Regression.pdf)
- NEUBAUER, Jiří, 2016a. Lineární modely | Ekonometrie. *Katedra ekonometrie FVL UO Brno* [online]. [citováno 2018-10-21]. Dostupné z: [https://k101.unob.cz/~neubauer/pdf/ekon\\_linearni\\_modely.pdf](https://k101.unob.cz/~neubauer/pdf/ekon_linearni_modely.pdf)
- NEUBAUER, Jiří, 2016b. Testování hypotéz o parametrech regresního modelu - Statistika II. *Katedra ekonometrie FVL UO Brno* [online]. [citováno 2018-10-30]. Dostupné z: <https://k101.unob.cz/~neubauer/pdf/regrese3.pdf>
- NEUBAUER, Jiří, Marek SEDLAČÍK a Oldřich KRÍŽ, 2016. *Základy statistiky: aplikace v technických a ekonomických oborech*. 2., rozšířené vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5786-5.
- NIGRIN, Tomáš a Jiří DUJKA, 2014. Srovnání principů dopravní obslužnosti ve Spolkové republice Německo a v Rakousku. In: KVIZDA, Martin a Zdeněk TOMEŠ, eds. *Standardy dopravní obslužnosti: centrální strategie vs. Krajské priority (Standards of Public Transport: Central Strategy vs. Regional Priorities)*. Brno: Masarykova univerzita, s. 14-38. ISBN 978-80-210-7287-9.
- NOLAN, Anne, 2010. A dynamic analysis of household car ownership. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 44, no. 6, s. 446-455. ISSN 0965-8564.

- NUTLEY, Stephen a Colin THOMAS, 1992. Mobility in Rural Ulster: Travel Patterns, Car Ownership and Local Services. *Irish Geography*. Vol. 25, no. 1, s. 67-82. ISSN 0075-0778.
- NUTLEY, Stephen, 1998. Rural Areas: Accesibility Problem. In: HOYLE, Brian S. a Richard D. KNOWLES, eds. *Modern transport geography*. 2nd, rev. ed. New York: John Wiley & Sons, s. 185-215. ISBN 04-7197-777-2.
- ODECK, James, 2008. The effect of mergers on efficiency and productivity of public transport services. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 42, no. 4, s. 696-708. ISSN 0965-8564.
- OLECKÁ, Ivana a Kateřina IVANOVÁ, 2010. *Metodologie vědecko-výzkumné činnosti*. Olomouc: Moravská vysoká škola Olomouc. ISBN 978-80-87240-33-5.
- OLESZAK, Michał, 2019. A Comparison of Shrinkage and Selection Methods for Linear Regression. *Towards Data Science* [online]. [citováno 2019-06-07]. Dostupné z: <https://towardsdatascience.com/a-comparison-of-shrinkage-and-selection-methods-for-linear-regression-ee4dd3a71f16>
- OUŘEDNÍČEK, Martin, 2013. Výzkum suburbanizace v České republice: současné tendence vývoje a možné aplikace. In: OUŘEDNÍČEK, Martin, Petra ŠPAČKOVÁ a Jakub NOVÁK, eds. *Sub Urbs: krajina, sídla a lidé*. Praha: Academia, s. 61-80. ISBN 978-80-200-2226-4.
- PAGET-SEEKINS, Laurel a Manuel TIRONI, 2016. The publicness of public transport: The changing nature of public transport in Latin American cities. *Transport Policy*. Vol. 49, s. 176-183. ISSN 0967-070X.
- PANG, Qing Ge a Xiao Nian SUN, 2014. Research on the GISDK-Based Prediction System of Integrated Transport Demand. *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 587-589, s. 1998-2002. ISSN 1662-7482.
- PAUL, Sudhir R. a Karen Y. FUNG, 1991. A Generalized Extreme Studentized Residual Multiple-Outlier-Detection Procedure in Linear Regression. *Technometrics*. Vol. 33, no. 3, s. 339-348. ISSN 0040-1706.
- PAULSSON, Alexander, Karolina ISAKSSON, Claus Hedegaard SØRENSEN, Robert HRELJA, Tom RYE a Christina SCHOLTEN, 2018. Collaboration in public transport planning – Why, how and what? *Research in Transportation Economics*. Vol. 69, s. 377-385. ISSN 0739-8859.

- PEČENÝ, Lumír, Jozef GAŠPARÍK a Anna DOLINAYOVÁ, 2014. Kritériá kvality regionálnej osobnej železničnej dopravy v Slovenskej republike. In: KVIKZDA, Martin a Zdeněk TOMEŠ, eds. *Standardy dopravní obslužnosti: centrální strategie vs. Krajské priority (Standards of Public Transport: Central Strategy vs. Regional Priorities)*. Brno: Masarykova univerzita, s. 39-50. ISBN 978-80-210-7287-9.
- PELTRÁM, Antonín, 2014. Standardy dopravní obslužnosti v podmínkách tržní ekonomiky s privatizovanými dopravními službami. In: KVIKZDA, Martin a Zdeněk TOMEŠ, eds. *Standardy dopravní obslužnosti: centrální strategie vs. Krajské priority (Standards of Public Transport: Central Strategy vs. Regional Priorities)*. Brno: Masarykova univerzita, s. 51-57. ISBN 978-80-210-7287-9.
- PONICKÝ, Ján, Martin KENDRA a Vladimír ĽUPTÁK, 2014. Bratislavský integrovaný dopravný systém. In: KVIKZDA, Martin a Zdeněk TOMEŠ, eds. *Standardy dopravní obslužnosti: centrální strategie vs. Krajské priority (Standards of Public Transport: Central Strategy vs. Regional Priorities)*. Brno: Masarykova univerzita, s. 68-78. ISBN 978-80-210-7287-9.
- POPE, Allan J., 1976. *The statistics of residuals and the detection of outliers*. Rockville: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Survey, Geodetic Research and Development Laboratory. ISBN 978-11-255-0516-8.
- POVA, Patrik, 2009. Analýza dopravní obslužnosti s důrazem na dopravu jako významný faktor rozvoje regionu. *Perner's Contacts*. Vol. 4, no. 1, s. 164-174. ISSN 1801-674X.
- PRESTON, John a Fiona RAJÉ, 2007. Accessibility, mobility and transport-related social exclusion. *Journal of Transport Geography*. Vol. 15, no. 3, s. 151-160. ISSN 0966-6923.
- PUCHER, John a Stefan KURTH, 1995. Verkehrsverbund: the success of regional public transport in Germany, Austria and Switzerland. *Transport Policy*. Vol. 2, no. 4, s. 279-291. ISSN 0967-070X.
- PUCHER, John, Anders MARKSTEDT a Ira HIRSCHMAN, 1983. Impacts of subsidies on the costs of public transport. *Journal of Transport Economics and Policy*. Vol. 17, no. 2, s. 155-176. ISSN 0022-5258.
- QIN, Zhaoqiong, 2008. Improving public transit access to in-city villages. *International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies*. Vol. 1, no. 2, s. 141-152. ISSN 1755-8050.

- R CORE TEAM, 2018. R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing* [online]. [citováno 2019-05-31]. Dostupné z: <https://www.R-project.org/>
- RAHMAN, S. M. A. Khaleelur, M. Mohamed SATHIK a K. Senthamarai KANNAN, 2012. Multiple Linear Regression Models in Outlier Detection. *International Journal of Research in Computer Science*. Vol. 2, no. 2, s. 23-28. ISSN 2249-8257.
- RALEVIĆ, Predrag, Pavle GLADOVIĆ, Dragan PAMUČAR, Momčilo DOBRODOLAC a Boban ĐOROVIĆ, 2012. Mathematical Model for Evaluating the Effectiveness of Urban and Suburban Public Transport. *Metalurgia International*. Vol. 17, no. 11, s. 194-202. ISSN 1582-2214.
- RANGANAI, Edmore, 2016. On studentized residuals in the quantile regression framework. *SpringerPlus*. Vol. 5, no. 1. ISSN 2193-1801.
- RANKOVIĆ PLAZINIĆ, Biljana a Jadranka JOVIĆ, 2014. Women and transportation demands in rural Serbia. *Journal of Rural Studies*. Vol. 36, s. 207-218. ISSN 0743-0167.
- ROBBINS, Stephen P., Tim JUDGE a Neharika VOHRE, 2013. *Organizational Behavior*. London: Pearson. ISBN 978-93-3250-033-4.
- RODRIGUE, Jean-Paul, Claude COMTOIS a Brian SLACK, 2006. *The geography of transport systems*. London: Routledge. ISBN 978-02-030-011-10.
- ROLIM, Fernando, Anísio BRASILEIRO a Enilson SANTOS, 2010. Competition in Brazilian bus and coach services – The results of recent competitive tendering processes. *Research in Transportation Economics*. Vol. 29, no. 1, s. 45-51. ISSN 0739-8859.
- ROPID, 2015. Regionální plán Pražské integrované dopravy na rok 2015 s výhledem na období 2016 – 2019. *Pražská integrovaná doprava* [online]. [citováno 2016-10-18]. Dostupné z: [http://stary.ropid.cz/data/Galleries/185/188/d2230\\_1\\_dopravni-plan-pid-2015-2019.pdf](http://stary.ropid.cz/data/Galleries/185/188/d2230_1_dopravni-plan-pid-2015-2019.pdf)
- ROUSSEEUW, Peter J. a Annick M. LEROY, 1987. *Robust regression and outlier detection*. New York: John Wiley & Sons. ISBN 04-7185-233-3.
- ROUSSEEUW, Peter J. a Katrien VAN DRIESSEN, 2006. Computing LTS Regression for Large Data Sets. *Data Mining and Knowledge Discovery*. Vol. 12, no. 1, s. 29-45. ISSN 1384-5810.

- ROUSSEEUW, Peter J. a Mia HUBERT, 2011. Robust statistics for outlier detection. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*. Vol. 1, no. 1, s. 73-79. ISSN 1942-4787.
- ROUSSEEUW, Peter J. a Victor J. YOHAJ, 1984. Robust Regression by Means of S-Estimators. In: FRANKE, Jürgen, Wolfgang HÄRDLE a Douglas MARTIN, eds. *Robust and Nonlinear Time Series Analysis*. New York, NY: Springer US, s. 256-272. ISBN 978-0-387-96102-6.
- ROUSSEEUW, Peter J., 1984. Least Median of Squares Regression. *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 79, no. 388, s. 871-880. ISSN 0162-1459.
- RYE, Tom, Jason MONIOS, Robert HRELJA a Karolina ISAKSSON, 2018. The relationship between formal and informal institutions for governance of public transport. *Journal of Transport Geography*. Vol. 69, s. 196-206. ISSN 0966-6923.
- RYZHKOV, Alexander, 2018. Local public transport in Russia: Regulation, ownership and competition. *Research in Transportation Economics*. Vol. 69, s. 207-217. ISSN 0739-8859.
- ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR, 2016. Celostátní sčítání dopravy 2016. *Ředitelství silnic a dálnic ČR* [online]. [citováno 2017-02-05]. Dostupné z: <http://scitani2016.rsd.cz/pages/informations/default.aspx>
- ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR, 2019. Mapy. *Ředitelství silnic a dálnic ČR* [online]. [citováno 2019-04-12]. Dostupné z: [https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/afeec279-8464-4fbc-a1fb-7348c6a37504/us\\_kraj\\_191.jpg?MOD=AJPERES](https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/afeec279-8464-4fbc-a1fb-7348c6a37504/us_kraj_191.jpg?MOD=AJPERES)
- ŘÍHA, Zdeněk, 2010. The Relationship of Economy, Transport and Social Development – Presence and History. In: *5<sup>th</sup> International Scientific Conference Theoretical and Practical Issues in Transport*. Pardubice: Univerzita Pardubice, s. 261-264. ISBN 978-80-7395-245-7.
- SAMUELSON, Paul A. a William D. NORDHAUS, 1995. *Ekonomie*. 2. vyd. Praha: Svoboda. ISBN 80-205-0494-X.
- SANTOS, Georgina, Hanna MAOH, Dimitris POTOGLU a Thomas VON BRUNN, 2013. Factors influencing modal split of commuting journeys in medium-size European cities. *Journal of Transport Geography*. Vol. 30, s. 127-137. ISSN 0966-6923.

- SANTOS, Georgina, Hannah BEHRENDT a Alexander TEYTELBOYM, 2010. Part II: Policy instruments for sustainable road transport. *Research in Transportation Economics*. Vol. 28, no. 1, s. 46-91. ISSN 0739-8859.
- SARKAR, Ashis Kumar, 2010. Analysis of Human Settlement Patterns Using RS and GIS in the Plains of West Bengal. *The On-Line Indian Journal of Spatial Science*. Vol. 1, no. 1, s. 32-39. ISSN 2249-3921.
- SEIDENGLANZ, Daniel, 2001. Vývoj veřejné dopravy na příkladu okresů Šumperk a Jeseník. In: NOVÁK, Svatopluk, ed. *Geografické aspekty středoevropského prostoru*. Brno: Masarykova univerzita, s. 170-173. ISBN 80-210-2664-2.
- SEIDENGLANZ, Daniel, 2010. Transport relations among settlement centres in the eastern part of the Czech Republic as a potential for polycentricity. *Acta Universitatis Carolinae Geographica*. Vol. 45, no. 1-2, s. 75-89. ISSN 0300-5402.
- SEIDENGLANZ, Daniel, Filip CHVÁTAL a Kateřina NEDVĚDOVÁ, 2014. Comparison of Urban and Suburban Rail Transport in Germany and in the Czech Republic. *Review of Economic Perspectives*. Vol. 14, no. 2, s. 165-194. ISSN 1804-1663.
- SEIDENGLANZ, Daniel, Tomáš NIGRIN a Jiří DUJKA, 2015. Regional Railway Transport in Czech, Austrian and German Decentralised and Regionalised Transport Markets. *Review of Economic Perspectives*. Vol. 15, no. 4, s. 431-450. ISSN 1804-1663.
- SEREBRISKY, Tomás, Andrés GÓMEZ-LOBO, Nicolás ESTUPIÑÁN a Ramón MUÑOZ-RASKIN, 2009. Affordability and Subsidies in Public Urban Transport: What Do We Mean, What Can Be Done? *Transport Reviews*. Vol. 29, no. 6, s. 715-739. ISSN 0144-1647.
- SERULLE, Nayel Urena a Cinzia CIRILLO, 2016. Transportation needs of low income population: a policy analysis for the Washington D.C. metropolitan region. *Public Transport*. Vol. 8, no. 1, s. 103-123. ISSN 1866-749X.
- SEZNAM.CZ, 2019. Mapy.cz. *Mapy.cz* [online]. [citováno 2019-08-02]. Dostupné z: <https://www.mapy.cz>
- SGIBNEV, Wladimir a Andrey VOZYANOV, 2016. Assemblages of mobility: the marshrutkas of Central Asia. *Central Asian Survey*. Vol. 35, no. 2, s. 276-291. ISSN 0263-4937.
- SCHAAFFKAMP, Christoph, 2018. Do direct awards lead to better public transport? *Research in Transportation Economics*. Vol. 69, s. 218-226. ISSN 0739-8859.



- SCHMEIDLER, Karel, 2010. Urban Mobility, Demographical Changes and Accessibility and Transport for Elderly. In: *5<sup>th</sup> International Scientific Conference Theoretical and Practical Issues in Transport*. Pardubice: Univerzita Pardubice, s. 464-468. ISBN 978-80-7395-245-7.
- SCHWANEN, Tim, Frans M. DIELEMAN a Martin DIJST, 2001. Travel behaviour in Dutch monocentric and policentric urban systems. *Journal of Transport Geography*. Vol. 9, no. 3, s. 173-186. ISSN 0966-6923.
- SCHWEDES, Oliver, 2011. *Verkehrspolitik Eine interdisziplinäre Einführung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. ISBN 978-35-319-284-32.
- SILAGHI, Simona, 2010. Quality of Public Transportation Services in Urban Area of Oradea. *Annals of Faculty of Economics, University of Oradea*. Vol. 1, no. 2, s. 469-474. ISSN 1222-569X.
- SIMISTER, Steve a Nimal JAYARATNA, 1996. Understanding and Evaluating Methodologies: NIMSAD, A Systemic Framework. *The Journal of the Operational Research Society*. Vol. 47, no. 4., s. 594-595. ISSN 0160-5682.
- SIMPSON, Douglas G., 1997. Introduction to Rousseeuw (1984) Least Median of Squares Regression. In: KOTZ, Samuel a Norman L. JOHNSON, eds. *Breakthroughs in Statistics*. New York, NY: Springer New York, s. 433-461. ISBN 978-0-387-94989-5.
- SOHAIL, Muhammad a David A. C. MAUNDER, 2007. Partnering to improve public transport in developing countries. *Proceedings of ICE, Transport*. Vol. 160, no. 4, s. 179-189. ISSN 0965-092X.
- SOHAIL, Muhammad, David A. C. MAUNDER a Sue CAVILL, 2006. Effective regulation for sustainable public transport in developing countries. *Transport Policy*. Vol. 13, no. 3, s. 177-190. ISSN 0967-070X.
- STEER DAVIES GLEAVE, 2016. Study on economic and financial effects of the implementation of Regulation 1370/2007 on public passenger transport services - Final report. *European Commission* [online]. [citováno 2019-03-11]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/transport/themes/pso/studies/pso\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/pso/studies/pso_en)
- STEVENS, James P., 1984. Outliers and influential data points in regression analysis. *Psychological Bulletin*. Vol. 95, no. 2, s. 334-344. ISSN 0033-2909.

STŘEDOČESKÝ KRAJ, 2016. Plán dopravní obslužnosti Středočeského kraje: Zásady objednávky regionální dopravy pro období 2016-2020. *Středočeský kraj* [online]. [citováno 2016-10-02]. Dostupné z: [https://www.kr-stredocesky.cz/documents/14450/5033701/Dopravni\\_plan\\_Stc\\_kraj\\_2016\\_2020.pdf/be77d026-6e4b-4c63-819c-3cc8769e6c33](https://www.kr-stredocesky.cz/documents/14450/5033701/Dopravni_plan_Stc_kraj_2016_2020.pdf/be77d026-6e4b-4c63-819c-3cc8769e6c33)

STUART, Catherine, 2011. Robust Regression. *Department of Mathematical Sciences – Durham University* [online]. [citováno 2016-12-14]. Dostupné z: [http://maths.dur.ac.uk/Ug/projects/highlights/CM3/Stuart\\_Robust\\_Regression\\_report.pdf](http://maths.dur.ac.uk/Ug/projects/highlights/CM3/Stuart_Robust_Regression_report.pdf)

STUFFLEBEAM, Daniel L. a Anthony J. SHINKFIELD, 2007. *Evaluation Theory, Models, and Applications*. San Francisco: Jossey-Bass. ISBN 978-1118063187.

SUGIYAMA, Masashi, 2016. *Introduction to statistical machine learning*. Waltham: Morgan Kaufmann. ISBN 978-0-12-802121-7.

SVAZ DOVOZCŮ AUTOMOBILŮ, 2019. Přehled stavu vozového parku. *Svaz dovozců automobilů* [online]. [citováno 2019-05-08]. Dostupné z: <http://portal.sda-cia.cz/stat.php?v#str=vpp>

SŽDC, 2017. Jízdní řády (platné od 10. 12. 2017). *Správa železniční dopravní cesty* [online]. [citováno 2018-09-15]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/provozovani-drahy/knizni-jizdni-rady.html>

SŽDC, 2019a. Jízdní řád. *Správa železniční dopravní cesty* [online]. [citováno 2019-08-03]. Dostupné z: <https://www.szdc.cz/cestujici/jizdni-rad>

SŽDC, 2019b. Verifikovaný seznam\_OP\_málo využívané tratě k 9.6.2019\_aktualizace k 18.7. *Správa železniční dopravní cesty* [online]. [citováno 2019-08-20]. Dostupné z: <https://provoz.szdc.cz/Portal/ViewArticle.aspx?oid=1720281>

SŽDC, 2019c. Návrh jízdního řádu pro období od 15. 12. 2019 do 12. 12. 2020. Aktualizovaný stav po projednání s objednateli a dopravci ke dni 2. 9. 2019. *Správa železniční dopravní cesty* [online]. [citováno 2019-09-04]. Dostupné z: <https://www.szdc.cz/navrh-jizdniho-radu-pro-obdobi-od-15.-12.-2019-do-12.-12.-2020>

ŠEDĚNKOVÁ, Monika, Jiří HORÁK, Igor IVAN a David FOJTÍK, 2009. Hodnocení rozdílů při sledování dojížděky do zaměstnání jedním či oběma směry. In: PEŠKOVÁ, Kateřina, ed. *Sborník příspěvků - Proceedings. Symposium GIS Ostrava 2009*. Ostrava: Tanger, s. 458-471. ISBN 978-80-87294-00-0.

- ŠEVROVIĆ, Marko, Davor BRČIĆ a Goran KOS, 2015. Transportation Costs and Subsidy Distribution Model for Urban and Suburban Public Passenger Transport. *Promet - Traffic & Transportation*. Vol. 27, no. 1, s. 23-33. ISSN 1848-4069.
- ŠIMEČKOVÁ, Marie, 2004. Nejmenší useknuté čtverce (LTS) jako diagnostický nástroj. In: ANTOCH, Jaromír a Gejza DOHNAL, eds. *ROBUST 2004: Sborník prací 13. letní školy JČMF ROBUST 2004 uspořádané Jednotou českých matematiků a fyziků za podpory KPMS MFF UK a České statistické společnosti ve dnech 7. – 11. června 2004 v Třešti*. Praha: JČMF, s. 403-410. ISBN 80-7015-972-3.
- ŠÍN, Zbyněk, 2009. *Tvorba práva: pravidla, metodika, technika*. Vyd. 2. Praha: C.H. Beck. ISBN 978-80-7400-162-8.
- ŠIROKÝ, Jan, 2010. *Publikování a prezentace výsledků vědy a výzkumu*. Olomouc: Moravská vysoká škola Olomouc. ISBN 978-80-87240-41-0.
- ŠOTKOVSKÝ, Ivan, 2002. *Hospodářská geografie*. Ostrava: Technická univerzita Ostrava. ISBN 80-248-0066-7.
- ŠŤASTNÁ, Milada a Antonín VAISHAR, 2017. The relationship between public transport and the progressive development of rural areas. *Land Use Policy*. Vol. 67, s. 107-114. ISSN 0264-8377.
- ŠŤASTNÁ, Milada, Antonín VAISHAR a Kateřina STONAWSKÁ, 2015. Integrated Transport System of the South-Moravian Region and its impact on rural development. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 36, s. 53-64. ISSN 1361-9209.
- ŠTĚDRONĚ, Bohumír, Martin POTŮČEK, Jaroslav KNÁPEK, Petr MAZOUCH et al., 2012. *Prognostické metody a jejich aplikace*. Praha: C.H. Beck. ISBN 978-80-7179-174-4.
- ŠVADLENKA, Libor, 2006. *Dopravní a spojová soustava*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 80-7194-911-6.
- TACZANOWSKI, Jakub, 2012. A comparative study of local railway networks in Poland and the Czech Republic. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*. Vol. 18, s. 125-138. ISSN 1732-4254.
- TAYLOR, Zbigniew a Ariel CIECHAŃSKI, 2008. What Happened to the National Road Carrier in a Post-Communist Country? The Case of Poland's State Road Transport. *Transport Reviews*. Vol. 28, no. 5, s. 619-640. ISSN 0144-1647.

- TEODOROVIĆ, Dušan a Milan JANIĆ, 2017. *Transportation Engineering: Theory, Practice and Modelling*. Oxford: Elsevier. ISBN 978-01-28-03818-5.
- TESLA, Jiří, Jiří HORÁK a Igor IVAN, 2015. Četnosti spojení veřejnou dopravou mezi obcemi v krajích České republiky. *Perner's Contacts*. Vol. 10, no. 3, s. 176-184. ISSN 1801-674X.
- TISATO, Peter, 1998. Service unreliability and bus subsidy. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 32, no. 6, s. 423-436. ISSN 0965-8564.
- TOMEŠ, Zdeněk, Martin KVIŽDA, Monika JANDOVÁ a Václav REDERER, 2016. Open access passenger rail competition in the Czech Republic. *Transport Policy*. Vol. 47, s. 203-211. ISSN 0967-070X.
- TOMEŠ, Zdeněk, Martin KVIŽDA, Tomáš NIGRIN a Daniel SEIDENGLANZ, 2014. Competition in the railway passenger market in the Czech Republic. *Research in Transportation Economics*. Vol. 48, s. 270-276. ISSN 0739-8859.
- TOMSON, Eve a Andro ROOS, 2009. Necessity and possibilities of subsidizing regular bus line transport in Estonia. In: *Proceedings of the International Scientific Conference Economic Science for Rural Development*. Vol. 18, s. 175-180. ISSN 1691-3078.
- TOUŠEK, Ladislav, 2007. Sociální vyloučení a prostorová segregace. *AntropoWebzin*. Vol. 3, no. 2, s. 1-9. ISSN 1801-8807.
- TRAN, Hoai Anh a Ann SCHLYTER, 2010. Gender and class in urban transport: the cases of Xian and Hanoi. *Environment and Urbanization*. Vol. 22, no. 1, s. 139-155. ISSN 0956-2478.
- TRAVISI, Chiara, Roberto CAMAGNI a Peter NIJKAMP, 2006. Analysis of Environmental Costs of Mobility Due to Urban Sprawl a Modelling Study on Italian Cities. *Tinbergen Institute Discussion Paper*. Vol. 42, no. 3, s. 1-29.
- TRPIŠOVSKÝ, Martin a Petr PRŮŠA, 2014. Regional Public Transportation Services Modelling. *Naše more: Journal of Marine Science*. Vol. 61, no. 3-4, s. 77-82. ISSN 0469-6255.
- TRPIŠOVSKÝ, Martin, Tomáš RÝC a Petr PRŮŠA, 2013. Modelování dopravní obslužnosti obcí. In: *Sborník příspěvků z mezinárodní Masarykovy konference pro doktorandy a mladé vědecké pracovníky 2013*. Hradec Králové: MAGNANIMITAS, s. 765-774. ISBN 978-80-87952-00-9.

- TSCHARAKTSCHIEW, Stefan a Georg HIRTE, 2012. Should subsidies to urban passenger transport be increased? A spatial CGE analysis for a German metropolitan area. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 46, no. 2, s. 285-309. ISSN 0965-8564.
- TURNER, Jeff a Philip FOURACRE, 1995. Women and transport in developing countries. *Transport Reviews*. Vol. 15, no. 1, s. 77-96. ISSN 0144-1647.
- TVRDÍK, Josef, 2013. Analýza vícerozměrných dat. *Ostravská univerzita v Ostravě* [online]. [citováno 2017-10-30]. Dostupné z: <http://www1.osu.cz/~bujok/files/avdat.pdf>
- UBBELS, Barry a Peter NIJKAMP, 2002. Unconventional funding of urban public transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 7, no. 5, s. 317-329. ISSN 1361-9209.
- URBAN RESOURCE CENTRE, 2001. Urban poverty and transport: a case study from Karachi. *Environment and Urbanization*. Vol. 13, no. 1, s. 223-233. ISSN 0956-2478.
- URBÁNKOVÁ, Jana a Martin OUŘEDNÍČEK, 2006. Vliv suburbanizace na dopravu v Pražském městském regionu. In: OUŘEDNÍČEK, Martin, ed. *Sociální geografie Pražského městského regionu*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, s. 79-95. ISBN 80-86561-94-1.
- URRY, John, 1999. Automobility, Car Culture and Weightless Travel: A discussion paper. *Lancaster University* [online]. [citováno 2016-09-17]. Dostupné z: <http://www.lancaster.ac.uk/fass/resources/sociology-online-papers/papers/urry-automobility.pdf>
- ÚSTECKÝ KRAJ a ČESKÉ DRÁHY, 2009. Smlouva o závazku veřejné služby ve veřejné drážní osobní dopravě k zajištění základní dopravní obslužnosti územního obvodu Ústeckého kraje. *Ústecký kraj* [online]. [citováno 2016-09-18]. Dostupné z: [http://www.kr-ustecky.cz/VismoOnline\\_ActionScripts/File.ashx?id\\_org=450018&id\\_dokumenty=1657903](http://www.kr-ustecky.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id_org=450018&id_dokumenty=1657903)
- ÚSTECKÝ KRAJ, 2007. Nej... Ústeckého kraje. *Ústecký kraj* [online]. [citováno 2018-05-11]. Dostupné z: <http://www.kr-ustecky.cz/nej-usteckeho-kraje/d-850835>
- ÚSTECKÝ KRAJ, 2016. Plán dopravní obslužnosti Ústeckého kraje 2017-2021. *Ústecký kraj* [online]. [citováno 2016-10-02]. Dostupné z: [http://www.kr-ustecky.cz/VismoOnline\\_ActionScripts/File.ashx?id\\_org=450018&id\\_dokumenty=1702363](http://www.kr-ustecky.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id_org=450018&id_dokumenty=1702363)
- ÚSTECKÝ KRAJ, 2019. Lodní linky: Ústecký kraj. *Ústecký kraj* [online]. [citováno 2019-08-02]. Dostupné z: <https://www.kr-ustecky.cz/lodni-linky/ms-240548/p1=240548>

- VAN DE VELDE, Didier M., 1999. Organisational forms and entrepreneurship in public transport: classifying organisational forms. *Transport Policy*. Vol. 6, no. 3, s. 147-157. ISSN 0967-070X.
- VAN DE VELDE, Didier M., 2004. *Reference Framework for Analyzing Targeted Competitive Tendering in Public Transport*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. ISBN 82-480-0440-6.
- VAN DER LAAN, Lambert, 1998. Changing Urban Systems: An Empirical Analysis at Two Spatial Levels. *Regional Studies*. Vol. 32, no. 3, s. 235-247. ISSN 0034-3404.
- VAN WIERINGEN, Wessel N., 2019. Lecture notes on ridge regression. *Cornell University* [online]. [citováno 2019-08-05]. Dostupné z: <https://arxiv.org/pdf/1509.09169;Lecture>
- VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de, 2001. *Urban transport, environment, and equity: the case for developing countries*. Sterling: Earthscan. ISBN 18-5383-726-1.
- VEENEMAN, Wijnand a Corinne MULLEY, 2018. Multi-level governance in public transport: Governmental layering and its influence on public transport service solutions. *Research in Transportation Economics*. Vol. 69, s. 430-437. ISSN 0739-8859.
- VERMOTE, Levi, Cathy MACHARIS, Joachim HOLLEVOET a Koen PUTMAN, 2014. Participatory evaluation of regional light rail scenarios: A Flemish case on sustainable mobility and land-use. *Environmental Science & Policy*. Vol. 37, s. 101-120. ISSN 1462-9011.
- VÍŠEK, Jan Ámos, 2001. Regression with High Breakdown Point. In: ANTOCH, Jaromír a Gejza DOHNAL, eds. *Robust 2000 ve dnech 11.-15. září 2000 v Nečtinách : sborník prací jedenácté letní školy JČMF*. Praha: Jednota českých matematiků a fyziků, s. 324-356. ISBN 80-7015-792-5.
- VONKA, Jaroslav, Pavel DRDLA, Ladislav BÍNA a Jaromír ŠIROKÝ, 2001. *Osobní doprava*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 80-7194-320-7.
- VUCHIC, Vukan R., 2005. *Urban transit: operations, planning and economics*. Hoboken: John Wiley & Sons. ISBN 04-71632-651.
- VUCHIC, Vukan R., 2007. *Urban transit systems and technology*. Hoboken: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-75823-5.

- WATSON, Matt, 2012. How theories of practice can inform transition to a decarbonised transport system. *Journal of Transport Geography*. Vol. 24, s. 488-496. ISSN 0966-6923.
- WEIR, Louise J. a Fintan MCCABE, 2009. Towards a sustainable rural transport policy. *The National Economic and Social Council – Ireland* [online]. [citováno 2016-04-30]. Dostupné z: [http://files.nesc.ie/comhar\\_archive/Comhar %20Reports/Comhar\\_24\\_2009.pdf](http://files.nesc.ie/comhar_archive/Comhar%20Reports/Comhar_24_2009.pdf)
- WILLMOTT, Cort J. a Kenji MATSUURA, 2005. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*. Vol. 30, s. 79-82. ISSN 0936-577X.
- WIXEY, Sarah, Peter JONES, Helena TITHERIDGE a Gina CHRISTODOULOU, 2003. *Measuring Accessibility as Experienced by Different Socially Disadvantaged Groups: Working Paper 2 – Social Groups User Needs Survey Findings*. Westminster: University of Westminster.
- WOKOUN, René, 2006. Závěrečná zpráva projektu WB-32-04: Dopravní obslužnost a technologie ve vztahu k regionálnímu rozvoji. *Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně* [online]. [citováno 2016-05-27]. Dostupné z: [www.utb.cz/file/25392\\_1\\_1](http://www.utb.cz/file/25392_1_1)
- WOKOUN, René, 2008. Analýza faktorů působících na dopravní obslužnost v ČR. *Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně* [online]. [citováno 2015-08-27]. Dostupné z: [www.utb.cz/file/25231\\_1\\_1](http://www.utb.cz/file/25231_1_1)
- WORLD BANK, 1996. Sustainable transport : priorities for policy reform. Development in practice. *World Bank* [online]. [citováno 2016-08-12]. Dostupné z: <http://documents.worldbank.org/curated/en/113831468764674772/Sustainable-transport-priorities-for-policy-reform>
- XIAO, Ruikun, Reed COOTS a Yuzhe YE, 2017. Ridge Regression | R. *JB Hender* [online]. [citováno 2019-04-12]. Dostupné z: <https://jbhender.github.io/Stats506/F17/Projects/G13/R.html>
- ZHAO, Fang, Lee-Fang CHOW, Min-Tang LI, Ike UBAKA a Albert GAN, 2003. Forecasting Transit Walk Accessibility: Regression Model Alternative to Buffer Method. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. Vol. 1835, s. 34-41. ISSN 0361-1981.
- ZVÁRA, Karel, 2002. Regrese. *Univerzita Karlova* [online]. [citováno 2017-06-20]. Dostupné z: <http://www.karlin.mff.cuni.cz/~zvara/regrese/PREDN01.pdf>

ZVÁRA, Karel, 2008. *Regrese*. Praha: Matfyzpress. ISBN 978-80-7378-041-8.

ŽÁK, Libor, 2017. Pravděpodobnost a statistika. *Ústav matematiky – Fakulta strojního inženýrství VUT Brno* [online]. [citováno 2017-06-23]. Dostupné z:

[http://www.mat.fme.vutbr.cz/download.aspx?id\\_file=906882289](http://www.mat.fme.vutbr.cz/download.aspx?id_file=906882289)



## 9 PUBLIKAČNÍ ČINNOST DOKTORANDA SOUVISEJÍCÍ S TÉMATEM DISERTAČNÍ PRÁCE

TRPIŠOVSKÝ, Martin a Petr PRŮŠA, 2012. Užití CBA pro hodnocení investic do dopravy. In: *LOGI 2012 – Conference Proceeding*. Brno: Tribun EU, s. 340-350.

ISBN 978-80-263-0336-7.

ČÁP, Jiří, Jindřich JEŽEK a Martin TRPIŠOVSKÝ, 2013. Plány dopravní obslužnosti krajů ČR. In: *Horizons of Railway Transport 2013*. Žilina: EDIS - vydavatelství Žilinskej univerzity, s. 93-102. ISBN 978-80-554-0764-7.

TRPIŠOVSKÝ, Martin, Jan CHOCHOLÁČ, Jindřich JEŽEK a Petr PRŮŠA, 2013. Rovnoběžné trasy MHD obsluhující sídliště. In: *Current trends in transport and economy in 2013 (Aktuální trendy v dopravě a ekonomice 2013)*. Pardubice: Univerzita Pardubice, s. 203-217. ISBN 978-80-86530-90-1.

TRPIŠOVSKÝ, Martin, Jindřich JEŽEK a Petr PRŮŠA, 2013. Faktory determinující dopravní obslužnost v městské zástavbě. In: *Current trends in transport and economy in 2013 (Aktuální trendy v dopravě a ekonomice 2013)*. Pardubice: Univerzita Pardubice, s. 47-56. ISBN 978-80-86530-90-1.

TRPIŠOVSKÝ, Martin, Radhika JADE a Petr PRŮŠA, 2013. Public transport services in the Czech Republic. *Focus: The International Journal of Management Digest*. Vol. 9, no. 2, s. 6-14. ISSN 0973-9165.

TRPIŠOVSKÝ, Martin, Tomáš RÝC a Petr PRŮŠA, 2013. Modelování dopravní obslužnosti obcí. In: *Sborník příspěvků z mezinárodní Masarykovy konference pro doktorandy a mladé vědecké pracovníky 2013*. Hradec Králové: MAGNANIMITAS, s. 765-774. ISBN 978-80-87952-00-9.

TRPIŠOVSKÝ, Martin, Jan CHOCHOLÁČ a Darko BABIĆ, 2013. City public transport infrastructure investments determining factors. In: *ZIRP 2013*. Zagreb: University of Zagreb, s. 111-122. ISBN 978-953-243-064-6.

TRPIŠOVSKÝ, Martin, Jan CHOCHOLÁČ a Petr PRŮŠA, 2013. Plány dopravní obslužnosti krajů ČR. In: *Dopravní obslužnost měst a krajů*. Praha: B.I.D. services, s. 17-35. ISBN 978-80-87534-51-9.

GAŠKA, Damian, Martin TRPIŠOVSKÝ a Maria CIEŠLA, 2013. Comparison of public transport services organization in the Prague and Warsaw metropolitan regions.

In: *II International Symposium of Young Researchers TRANSPORT PROBLEMS 2013*.

Katowice: Silesian University of Technology, s. 87-96. ISBN 978-83-935232-1-4.

TRPIŠOVSKÝ, Martin a Petr PRŮŠA, 2014. Regional Public Transportation Services

Modelling. *Naše more: Journal of Marine Science*. Vol. 61, no. 3-4, s. 77-82.

ISSN 0469-6255.

HUSÁK, Jiří, Dalibor GOTTWALD a Martin TRPIŠOVSKÝ, 2014. Rozvoj dopravní

infrastruktury ve vybraných regionech České republiky. In: *Sborník příspěvků Mezinárodní*

*Masarykovy konference pro doktorandy a mladé vědecké pracovníky 2014*. Hradec Králové:

MAGNANIMITAS, s. 1213-1222. ISBN 978-80-87952-07-8.

GAŠKA, Damian, Martin TRPIŠOVSKÝ a Maria CIEŠLA, 2015. Comparison of public transport services organization in the Prague and Warsaw metropolitan regions. *Zeszyty*

*Naukowe Politechniki Śląskiej: Transport*. Vol. 86, no. 1, s. 21-32. ISSN 0209-3324.

TRPIŠOVSKÝ, Martin, 2015. Public transportation services determining factors in the urban

areas. In: *ZIRP 2015*. Zagreb: University of Zagreb, s. 219-224. ISBN 978-953-243-073-8.

CHOCHOLÁČ, Jan, Martin TRPIŠOVSKÝ a Dana SOMMERAUEROVÁ, 2016.

Komparace marketingového mixu železničních dopravců v souvislosti s dopravní obslužností na trase Praha - Ostravsko v souladu s principy udržitelného rozvoje. In: *Aktuální trendy*

*v dopravě a ekonomice*. Pardubice: Univerzita Pardubice, s. 246-251.

ISBN 978-80-8653-095-6.

CHOCHOLÁČ, Jan, Martin TRPIŠOVSKÝ a Nina KUDLÁČKOVÁ, 2018. The evaluation of the service quality performed by the rail passenger transport carriers on the Prague

– Ostrava region route: primary marketing research. In: *Transport Means: proceedings*

*of the international scientific conference*. Kaunas: Kaunas University of Technology.,

s. 91-106. ISSN 1822-296X.

## 10 SEZNAM PŘÍLOH

<b>Příloha A</b> Přehled sídelních jednotek $m$ zařazených do modelu a jejich referenčních počtů spojů $y^m$ .....	260
<b>Příloha B</b> Přiřazení zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy sídelním jednotkám $m$ ....	261
<b>Příloha C</b> Referenční počty spojů $y^m$ pro všechny sídelní jednotky $m$ ve struktuře dle jednotlivých linek veřejné linkové autobusové dopravy, tratí veřejné drážní dopravy a lanové dráhy .....	267
<b>Příloha D</b> Přehled intenzit provozu na pozemních komunikacích na území města Ústí nad Labem .....	280
<b>Příloha E</b> Hodnoty optimální kombinace vstupů $\zeta_{opt}$ .....	282
<b>Příloha F</b> Odhady počtu spojů $\hat{y}_{VLR,\zeta_{opt}}^m$ v sídelních jednotkách $m$ a chyby těchto odhadů vypočtených vícenásobnou lineární regresí $e_{VLR,\zeta_{opt}}^m$ .....	285
<b>Příloha G</b> Projekční matice $\mathbf{H}_{\zeta_{opt}}$ .....	286
<b>Příloha H</b> Přehled sídelních jednotek $m$ , které jsou prvky množiny $U_{\zeta_{opt}}$ .....	296
<b>Příloha I</b> Odhady počtu spojů $\hat{y}_{LTS,\zeta_{opt}}^m$ v sídelních jednotkách $m$ a chyby těchto odhadů vypočtených robustní regresí metodou LTS $e_{LTS,\zeta_{opt}}^m$ .....	297
<b>Příloha J</b> Matice $\mathbf{X}^{opt}$ .....	298
<b>Příloha K</b> Matice $\mathbf{X}_{LTS}^{opt}$ .....	301
<b>Příloha L</b> Přehled výsledných odhadů $\hat{y}_{HR}^m$ pro všechny sídelní jednotky $m$ zahrnuté v modelu včetně chyb $e_{HR}^m$ jejich odhadů .....	303
<b>Příloha M</b> Míra vlivu jednotlivých proměnných na výsledný počet spojů $\Omega_j^m$ v sídelních jednotkách $m$ .....	304

## PŘÍLOHA A

*Přehled sídelních jednotek m zařazených do modelu a jejich referenčních počtů spojů  $y^m$*

<i>m</i>	<b>Sídelní jednotka</b>	<i>y<sup>m</sup></i>	<i>m</i>	<b>Sídelní jednotka</b>	<i>y<sup>m</sup></i>	<i>m</i>	<b>Sídelní jednotka</b>	<i>y<sup>m</sup></i>
1	Adolfov	0	33	Libov	26	65	Ryjice	28
2	Arnultovice	25	34	Lipová	26	66	Řehlovice	44
3	Bláhov	9	35	Luční Chvojno	25	67	Řetouň	12
4	Blansko	0	36	Lužec	9	68	Sebuzín	68
5	Brozánky	30	37	Lysá	4	69	Slavošov	7
6	Březí	26	38	Malé Březno	80	70	Sovolusky	26
7	Budov	0	39	Malé Chvojno	56	71	Stadice	40
8	Čermná	8	40	Malečov	26	72	Stebno	24
9	Čeraniště	5	41	Mašovice	0	73	Stradov	62
10	Český Bukov	4	42	Milbohov	24	74	Strážky	109
11	Český Újezd	130	43	Mírkov	9	75	Suchá	14
12	Dolní Zálezly	46	44	Mnichov	25	76	Suletice	14
13	Doubravice	9	45	Moravany	0	77	Svádov	165
14	Dubice	18	46	Nakléřov	0	78	Šachov	4
15	Habrovany	18	47	Němčí	0	79	Tašov	26
16	Habří	3	48	Neštědice	53	80	Telnice	29
17	Haslice	9	49	Nová Ves u Pláně	14	81	Tisá	38
18	Homole u Panny	20	50	Nové Stadice	18	82	Týniště	6
19	Horní Zálezly	20	51	Nový Libouchec	37	83	U Staré Pošty	29
20	Hrbovice	56	52	Ostrov	0	84	Ústí nad Labem	2498,4
21	Chabařovice	92	53	Petrovice	40	85	Valtířov	103
22	Chlumec	213	54	Podlešín	24	86	Varvažov	29
23	Chuderov	78	55	Pohoří	26	87	Velké Březno	103
24	Chuderovec	8	56	Povrly	57	88	Velké Chvojno	25
25	Chvalov	24	57	Proboštov	12	89	Vyklice	24
26	Knínice	42	58	Přestanov	132	90	Zadní Telnice	12
27	Kojetice	60	59	Radejčín	18	91	Zubrnice	38
28	Koštov	76	60	Radešín	26	92	Žandov	29
29	Krásný Les	9	61	Rájec	0	93	Žďár	25
30	Leština	38	62	Roudníky	24	94	Žďárek	42
31	Lhota pod Pannou	20	63	Roztoky	36	95	Žežice	16
32	Libouchec	113	64	Rýdeč	38			

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2019), CHAPS a Ministerstvo dopravy ČR (2019), SŽDC (2019a)

## PŘÍLOHA B

### *Přiřazení zastávek a stanic veřejné hromadné dopravy sídelním jednotkám m*

#### **1 Adolfov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Petrovice, Krásný Les, Adolfov

#### **2 Arnultovice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Velké Chvojno, Arnultovice

#### **3 Bláhov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Homole u Panny, Bláhov

#### **4 Blansko**

Žádná zastávka ani stanice veřejné hromadné dopravy nepřirazená.

#### **5 Brozánky**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Řehlovice, Brozánky, rozc.; Řehlovice, Brozánky

zastávky a stanice železniční dopravy: Brozánky

#### **6 Březí**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Malečov, Březí, rozc.0.3

#### **7 Budov**

Žádná zastávka ani stanice veřejné hromadné dopravy nepřirazená.

#### **8 Čermná**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Libouchec, Čermná

#### **9 Čeřeniště**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Malečov, Čeřeniště

#### **10 Český Bukov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Povrly, Český Bukov

#### **11 Český Újezd**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Ústí n.L., Všebořice, U Českého Újezdu

#### **12 Dolní Zálezly**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Dolní Zálezly

zastávky a stanice železniční dopravy: Dolní Zálezly

#### **13 Doubravice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Homole u Panny, „rozc. Doubravice

#### **14 Dubice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Řehlovice, Dubice; Řehlovice, Dubice, Dubičky

#### **15 Habrovany**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Habrovany; Řehlovice, Stadice, Pelikánův mlýn

#### **16 Habří**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Řehlovice, Habří

#### **17 Haslice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Homole u Panny, Haslice

#### **18 Homole u Panny**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Homole u Panny

#### **19 Horní Zálezly**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Homole u Panny, Byňov; Homole u Panny, Byňov, odb. Proboštov

#### **20 Hrbovice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chabařovice, Hrbovice; Chabařovice, „Chabařovická; Chabařovice, „Ravel

#### **21 Chabařovice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chabařovice, „Petri; Chabařovice, „radnice; Chabařovice, „kostel; Chabařovice, „koupaliště; Chabařovice, „strojímy; Chabařovice, „Teplická

**22 Chlumeč**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chlumeč; Chlumeč,,přejezd; Chlumeč,,Zalužanská  
zastávky a stanice železniční dopravy: Chlumeč u Chabařovic

**23 Chuderov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chuderov,,Vlachovka; Chuderov; Chuderov,,ObÚ

**24 Chuderovec**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chuderov,Chuderovec

**25 Chvalov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Stebno,Chvalov

**26 Knínice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Libouchec,Knínice,rozc.1.0

**27 Kojetice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Malečov,,odb.; Ústí n.L.,Kojetice.; Ústí n.L.,Kojetická

**28 Koštov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Koštov; Koštov,,obec; Koštov,,osada

zastávky a stanice železniční dopravy: Koštov

**29 Krásný Les**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Petrovice,Krásný Les,konečná; Petrovice,Krásný Les;  
Petrovice,Krásný Les,rozc.Nakléřov

**30 Leština**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Leština; Leština,,host.

zastávky a stanice železniční dopravy: Leština

**31 Lhota pod Pannou**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Homole u Panny,Lhota p.Pannou,samota; Homole  
u Panny,Lhota p.Pannou,rozc.; Homole u Panny,Lhota p.Pannou

**32 Libouchec**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Libouchec,,ObÚ; Libouchec,,kino; Libouchec,,u Hájků;  
Libouchec,,rozc.

zastávky a stanice železniční dopravy: Libouchec; Kameneč

**33 Libov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chuderov,Libov

**34 Lipová**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chuderov,Lipová

**35 Luční Chvojno**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Velké Chvojno,Luční Chvojno

**36 Lužec**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Povrly,Lužec,U mlýna; Povrly,Lužec

**37 Lysá**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Povrly,Lysá,rozc.

**38 Malé Březno**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Malé Březno

zastávky a stanice železniční dopravy: Malé Březno nad Labem; Malé Březno zastávka

**39 Malé Chvojno**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Velké Chvojno,Malé Chvojno,rozc.; Velké  
Chvojno,Malé Chvojno

zastávky a stanice železniční dopravy: Malé Chvojno

**40 Malečov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Malečov

**41 Mašovice**

Žádná zastávka ani stanice veřejné hromadné dopravy nepřirážena.

**42 Milbohov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Stebno,Milbohov; Stebno,Milbohov,háj.

**43 Mírkov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Povrly,Mírkov; Povrly,Mírkov,samota

**44 Mnichov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Velké Chvojno,Mnichov

**45 Moravany**

Žádná zastávka ani stanice veřejné hromadné dopravy nepřirážena.

**46 Nakléřov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Petrovice,Krásný Les,Nakléřov

**47 Němčí**

Žádná zastávka ani stanice veřejné hromadné dopravy nepřirážena.

**48 Neštědice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Povrly,Neštědice

zastávky a stanice železniční dopravy: Neštědice

**49 Nová Ves u Pláně**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Homole u Panny,Nová Ves u Pláně

**50 Nové Stadice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Řehlovice,Stadice,osada

**51 Nový Libouchec**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Libouchec,Nový Libouchec

**52 Ostrov**

Žádná zastávka ani stanice veřejné hromadné dopravy nepřirážena.

**53 Petrovice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Petrovice,,rozc.Krásný Les; Petrovice,,škola;

Petrovice,,u Marvanů; Petrovice,záv.; Petrovice,,u dubu; Petrovice,,konečná

**54 Podlešín**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Stebno,Podlešín

**55 Pohoří**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Malečov,Pohoří,rozc.0.5

**56 Povrly**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Povrly,,učiliště; Povrly,,ObÚ; Povrly,,sídliště;

Povrly,,koupaliště; Povrly,,háj.

zastávky a stanice železniční dopravy: Povrly

**57 Proboštov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Malečov,Proboštov,host.;

Malečov,Proboštov,odb.Lhota pod Pannou

**58 Přestanov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Přestanov; Přestanov,,U Pomníku; Chabařovice,,Besta

zastávky a stanice železniční dopravy: Chabařovice

**59 Radejčín**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Řehlovice,Radejčín

**60 Radešín**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chuderov,Radešín

**61 Rájec**

Žádná zastávka ani stanice veřejné hromadné dopravy nepřirážena.

**62 Roudníky**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chabařovice,Roudníky,Marie Antonie;

Chabařovice,Roudníky

**63 Roztoky**

zastávky a stanice železniční dopravy: Povrly-Roztoky

**64 Rýdeč**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Tašov,,ovčárna; Malečov,Rýdeč

**65 Ryjice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Ryjice; Ryjice,,sanatorium

**66 Řehlovice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Řehlovice; Řehlovice,,Lány dolní; Řehlovice,Hlíňany

**67 Řetouň**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Malečov,Rýdeč,odb.Lhota pod Pannou

**68 Sebužín**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Ústí n.L.,Církvice; Ústí n.L.,Sebužín; Ústí n.L.,Sebužín,přívoz; Ústí n.L.,Sebužín,rozc.; Ústí n.L.,Sebužín,žel.st.

zastávky a stanice železniční dopravy: Sebužín

**69 Slavošov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Povrly,Slavošov

**70 Sovolusky**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chuderov,Sovolusky,rozc.0.5

**71 Stadice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Řehlovice,Stadice

zastávky a stanice železniční dopravy: Stadice

**72 Stebno**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Stebno

**73 Stradov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chlumeč,Stradov

**74 Strážky**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Ústí n.L.,Strážky,obec; Ústí n.L.,Strážky

**75 Suchá**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Stebno,Suchá

**76 Suletice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Homole u Panny,Suletice

**77 Svádov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Svádov,,obec; Svádov,,osada; Svádov,,žel.st.; Ústí n.L.,,Olešnice; Ústí n.L.,,Olšinky

zastávky a stanice železniční dopravy: Svádov

**78 Šachov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Povrly,Šachov,rozc.

**79 Tašov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Tašov

**80 Telnice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Telnice,,rozc.Krásný Les; Telnice,,háj.; Telnice,,Lesní zámeček; Telnice,,žel.st.

zastávky a stanice železniční dopravy: Telnice

**81 Tisá**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Tisá,,dětský domov; Tisá,rozc.Sněžník 5.0; Tisá,,kult.dům; Tisá,,statek; Tisá,,rozc.Antonínov 0.5

**82 Týniště**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Týniště

**83 U Staré Pošty**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Telnice,Varvažov,pomníky



## 84 Ústí nad Labem

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Trmice,,Bělský můstek; Trmice,,Edisonova; Trmice,,Globus; Trmice,,Gogolova; Trmice,,Jezero Milada; Trmice,,Metal; Trmice,,můstek; Trmice,,Nad zámekem; Trmice,,Nová škola; Trmice,,Panorama; Trmice,,stará škola; Trmice,,Újezd; Trmice,,Václavské nám.; Trmice,,Za Humny; Trmice,,Zámecká; Ústí n.L.,,Anežky České; Ústí n.L.,,Autoškola; Ústí n.L.,,Beethovenova; Ústí n.L.,,Bělehradská; Ústí n.L.,,Bezejmenná; Ústí n.L.,,Bezručova; Ústí n.L.,,Božtěšická; Ústí n.L.,,Bukov; Ústí n.L.,,Bukov rondel; Ústí n.L.,,Cukrovar; Ústí n.L.,,Čajkovského; Ústí n.L.,,Děčínská; Ústí n.L.,,dílny; Ústí n.L.,,Divadlo; Ústí n.L.,,Dobětice; Ústí n.L.,,Dobětice točna; Ústí n.L.,,Drážní; Ústí n.L.,,Dukelských hrdinů; Ústí n.L.,,Důlce; Ústí n.L.,,Dvojdómí; Ústí n.L.,,Elba; Ústí n.L.,,Fibichova; Ústí n.L.,,Gagarinova; Ústí n.L.,,Habrovická; Ústí n.L.,,Hilarova; Ústí n.L.,,hl.nádr.; Ústí n.L.,,Hornická; Ústí n.L.,,Hostovická; Ústí n.L.,,Hraničář; Ústí n.L.,,Hřbitov; Ústí n.L.,,Jungmannova; Ústí n.L.,,Kamenný vrch; Ústí n.L.,,Kamenný vrch škola; Ústí n.L.,,Kampus; Ústí n.L.,,Kanon; Ústí n.L.,,Karla IV.; Ústí n.L.,,Karla Maye; Ústí n.L.,,Karolíny Světlé; Ústí n.L.,,Keplerova; Ústí n.L.,,Klišská; Ústí n.L.,,Kmochova; Ústí n.L.,,Kotva; Ústí n.L.,,Kpt. Jaroše; Ústí n.L.,,Krajský soud; Ústí n.L.,,Krcínova; Ústí n.L.,,Krušnohorská; Ústí n.L.,,Lázně; Ústí n.L.,,Lipová; Ústí n.L.,,Malá Hradební; Ústí n.L.,,Malátova; Ústí n.L.,,Masarykova nem.; Ústí n.L.,,Mírová; Ústí n.L.,,Mírové nám.; Ústí n.L.,,Na Kohoutě; Ústí n.L.,,Na kopečku; Ústí n.L.,,Na luhách; Ústí n.L.,,Na Popluží; Ústí n.L.,,Na Rybárně; Ústí n.L.,,Na Spáence; Ústí n.L.,,Neštěmická; Ústí n.L.,,Nová Ves; Ústí n.L.,,Nové krematorium; Ústí n.L.,,Nové Předlice; Ústí n.L.,,Novosedlické nám.; Ústí n.L.,,OC Forum; Ústí n.L.,,odb.Neznabohy; Ústí n.L.,,Olešnice; Ústí n.L.,,Olšinky; Ústí n.L.,,Opletalova; Ústí n.L.,,Orlická; Ústí n.L.,,Osamělá; Ústí n.L.,,Ovčácká stezka; Ústí n.L.,,Pekařská; Ústí n.L.,,Pětidómí; Ústí n.L.,,pivovar; Ústí n.L.,,pod Holoměří; Ústí n.L.,,Pod Hradem; Ústí n.L.,,Pod Svahem; Ústí n.L.,,Pod Vyhlídkou; Ústí n.L.,,Podhoří; Ústí n.L.,,Podlesí; Ústí n.L.,,Poláčkova; Ústí n.L.,,poliklinika; Ústí n.L.,,Poslední cesta; Ústí n.L.,,Pražská; Ústí n.L.,,Prior; Ústí n.L.,,Průmyslová; Ústí n.L.,,Průmyslový park; Ústí n.L.,,Předlická; Ústí n.L.,,Přístav; Ústí n.L.,,přístav centrum; Ústí n.L.,,Revoluční; Ústí n.L.,,Ryjická; Ústí n.L.,,Sibiřská; Ústí n.L.,,Sibiřská sídliště; Ústí n.L.,,Skalka; Ústí n.L.,,Sociální péče; Ústí n.L.,,Solvayova; Ústí n.L.,,Staré Předlice; Ústí n.L.,,Stavbařů; Ústí n.L.,,Stavební stroje; Ústí n.L.,,Střední školy; Ústí n.L.,,Stříbrnická; Ústí n.L.,,Stříbrnické nivy; Ústí n.L.,,Stříbrníky; Ústí n.L.,,Svádovský přívoz; Ústí n.L.,,Svatopluka Čecha; Ústí n.L.,,Šafaříkovo nám.; Ústí n.L.,,Šaldova; Ústí n.L.,,Štefánikova; Ústí n.L.,,Trmická; Ústí n.L.,,Třebízského; Ústí n.L.,,U Studánky; Ústí n.L.,,U Vlečky; Ústí n.L.,,U Vodopádu; Ústí n.L.,,U Vozovny; Ústí n.L.,,V Besídkách; Ústí n.L.,,V Rokli; Ústí n.L.,,V Zahrádkách; Ústí n.L.,,V Zeleni; Ústí n.L.,,Ve Stromkách; Ústí n.L.,,Větrná; Ústí n.L.,,Větruše; Ústí n.L.,,Vinařská; Ústí n.L.,,Vodárna; Ústí n.L.,,Vojanova ZOO; Ústí n.L.,,Vozovna; Ústí n.L.,,Vozovna DP; Ústí n.L.,,Všebořická; Ústí n.L.,,Výstupní; Ústí n.L.,,Za Válcovnou; Ústí n.L.,,Zahradnictví; Ústí n.L.,,západní nádr.; Ústí n.L.,,Zdymadla; Ústí n.L.,,Zoologická zahrada; Ústí n.L.,,ZPA; Ústí n.L.,,Žežická; Ústí n.L.,,Božtěšice; Ústí n.L.,,Božtěšice,obec; Ústí n.L.,,Brná; Ústí n.L.,,Brná,osada; Ústí n.L.,,Bukov,městský stadion; Ústí n.L.,,Bukov,sanat.; Ústí n.L.,,Bukov,Zimní stadion; Ústí n.L.,,Habrovice; Ústí n.L.,,Habrovice,koupaliště; Ústí n.L.,,Habrovice,škola; Ústí n.L.,,Habrovice,vily; Ústí n.L.,,Hostovice; Ústí n.L.,,Klíše,Hvězda; Ústí n.L.,,Klíše,Kaufland; Ústí n.L.,,Klíše,lázně; Ústí n.L.,,Kočkov; Ústí n.L.,,Krásné Březno; Ústí n.L.,,Krásné Březno,Na Sklípku; Ústí n.L.,,Mojžíř; Ústí n.L.,,Mojžíř,sídl.; Ústí n.L.,,Mojžíř,Veselí; Ústí n.L.,,Neštěmice,Květ; Ústí n.L.,,Neštěmice,sídl.; Ústí n.L.,,Předlice,Jateční; Ústí n.L.,,Předlice,Kolonie; Ústí n.L.,,Předlice,Na Nivách; Ústí n.L.,,Předlice,Textilní; Ústí n.L.,,Severní Terasa; Ústí n.L.,,Severní Terasa,Hoření; Ústí n.L.,,Skorotice; Ústí n.L.,,Skorotice,škola; Ústí n.L.,,Střekov,ČOV; Ústí n.L.,,Střekov,II; Ústí n.L.,,Střekov,K Loděnici; Ústí n.L.,,Střekov,osada; Ústí n.L.,,Střekov,Rodinova; Ústí n.L.,,Střekov,žel.st.; Ústí n.L.,,Vaňov; Ústí n.L.,,Vaňov,přístav; Ústí n.L.,,Všebořice; Ústí n.L.,,Všebořice,Haviřská; Ústí n.L.,,Všebořice,obchodní centrum

zastávky a stanice železniční dopravy: Neštěmice; Mojžíř; Trmice; Ústí nad Labem hl.n.; Ústí nad Labem sever; Ústí nad Labem-Střekov; Ústí nad Labem západ

stanice lanové dráhy: Ústí n.L.,,Forum; Ústí n.L.,,Větruše

## 85 Valtířov

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Velké Březno,Valtířov,žel.st.; Velké Březno,Valtířov,osada

zastávky a stanice železniční dopravy: Valtířov

**86 Varvažov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Telnice, Varvažov; Telnice, Varvažov, čtyřdomí

**87 Velké Březno**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Velké Březno; Velké Březno, „škola; Velké Březno, Vítov

**88 Velké Chvojno**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Velké Chvojno; Velké Chvojno, „škola

**89 Vyklice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chabařovice, „zav.

**90 Zadní Telnice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Telnice, Zadní Telnice

**91 Zubrnice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Zubrnice

zastávky a stanice železniční dopravy: Zubrnice-Týniště

**92 Žandov**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chlumeč, Žandov, rozc.

**93 Žďár**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Velké Chvojno, Žďár, rozc.0.5; Velké Chvojno, Žďár

**94 Žďárek**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Libouchec, Žďárek

**95 Žežice**

zastávky veřejné linkové autobusové dopravy: Chuderov, Žežice

## PŘÍLOHA C

*Referenční počty spojů  $y^m$  pro všechny sídelní jednotky  $m$  ve struktuře dle jednotlivých linek veřejné linkové autobusové dopravy, tratí veřejné drážní dopravy a lanové dráhy*

Pořadí jednotlivých linek veřejné linkové autobusové dopravy je dáno jejich číslem dle Celostátního informačního systému jízdních řádů. Za linkami veřejné linkové autobusové dopravy je uvedena lanová dráha Forum – Větruše v Ústí nad Labem a železniční trať v číslování dle SŽDC.

Tabulka je rozdělena na 3 podtabulky, v první tabulce jsou uvedeny linky autobusové dopravy č. 001452 až 592460, ve druhé podtabulce linky autobusové dopravy č. 592801 až 595051 a ve třetí podtabulce linky autobusové dopravy č. 595052 až 595062, lanová dráha č. 901 Forum – Větruše a železniční trať.

Za linky veřejné linkové autobusové dopravy jsou v souladu s výstupem Celostátního informačního systému o jízdních řádech považovány i linky zajišťované trolejbusy, konkrétně jde o linky 595051 až 595062, které jsou součástí MHD v Ústí nad Labem (Dopravní podnik města Ústí nad Labem, 2019; CHAPS a Ministerstvo dopravy ČR, 2019).

Linky 001452 až 592460	001452/A	001452/B	552622/A	552622/B	572524/A	572524/B	582480/A	582480/B	582481/A	582481/B	582485/A	582485/B	582488/A	582488/B	592432/A	592432/B	592450/A	592450/B	592451/A	592451/B	592453/A	592453/B	592454/A	592454/B	592455/A	592455/B	592456/A	592456/B	592457/A	592457/B	592458/A	592458/B	592459/A	592459/B	592460/A	592460/B				
1 Adolfov																																								
2 Arnultovice																					13	12																		
3 Bláhov																			5	4																				
4 Blansko																																								
5 Brožánky									2	0																														
6 Břeží																					13	13																		
7 Budov																																								
8 Čermná																																					2	2		
9 Čeraniště																					2	3																		
10 Český Bukov																										2	2													
11 Český Újezd													15	15					15	15																				
12 Dolní Zálezly																																								
13 Doubravice																			5	4																				
14 Dubice																																								
15 Habrovany																																								
16 Habří																																								
17 Haslice																				5	4																			
18 Homole u Panny																				10	10																			
19 Horní Zálezly																				10	10																			
20 Hrbovice																		14	14						12	12														
21 Chabařovice																									12	12										18	18			
22 Chlumec					12	12	13	14					15	15			14	14	15	15																				
23 Chudarov																						13	13	8	8										18	18				
24 Chudrovec																								0	8															
25 Chvalov																												12	12											
26 Knínice	21	21																																						
27 Kojetice																						13	13																	
28 Koštov																																								
29 Krásný Les																																						1	1	
30 Leština	19	19																																						

Linky 001452 až 592460	001452/A	001452/B	552622/A	552622/B	572524/A	572524/B	582480/A	582480/B	582481/A	582481/B	582485/A	582485/B	582488/A	582488/B	592432/A	592432/B	592450/A	592450/B	592451/A	592451/B	592453/A	592453/B	592454/A	592454/B	592455/A	592455/B	592456/A	592456/B	592457/A	592457/B	592458/A	592458/B	592459/A	592459/B	592460/A	592460/B			
31 Lhota pod Pannou																	10	10																					
32 Libouhec	21	21													27	26					7	7														2	2		
33 Libov																					13	13																	
34 Lipová																					13	13																	
35 Luční Chvojno																					13	12																	
36 Lužec																								4	5														
37 Lysá																								2	2														
38 Malé Březno	19	19															14	14																					
39 Malé Chvojno	21	21																			7	7																	
40 Malečov																					13	13																	
41 Mašovice																																							
42 Milbohov																											12	12											
43 Mírkov																								4	5														
44 Mnichov																																							
45 Moravany																																							
46 Nakléřov																																							
47 Němčí																																							
48 Neštědíce																									5	6													
49 Nová Ves u Pláně																																							
50 Nové Stadice																																							
51 Nový Libouhec	18	19																																					
52 Ostrov																																							
53 Petrovice	19	19																																					
54 Podlešín																												12	12										
55 Pohoří																																							
56 Povrly																								5	6														
57 Proboštov																																							
58 Přestanov					12	12	13	14					15	15				1																					
59 Radejčín																														9	9								
60 Radešín																																							

Linky 001452 až 592460	001452/A	001452/B	552622/A	552622/B	572524/A	572524/B	582480/A	582480/B	582481/A	582481/B	582485/A	582485/B	582488/A	582488/B	592432/A	592432/B	592450/A	592450/B	592451/A	592451/B	592453/A	592453/B	592454/A	592454/B	592455/A	592455/B	592456/A	592456/B	592457/A	592457/B	592458/A	592458/B	592459/A	592459/B	592460/A	592460/B				
61 Rájec																																								
62 Roudníky																								12	12															
63 Roztoky																																								
64 Rýdeč	3	3	3	3																	13	13																		
65 Ryjice																																								
66 Řehlovice									2	0																														
67 Řetouň																					8	4																		
68 Sebuzín																																								
69 Slavošov																										3	4													
70 Sovolusky																						13	13																	
71 Stadice																																								
72 Stebno																																								
73 Stradov					12	12	11	13																																
74 Strážky	21	21																																						
75 Suchá																																								
76 Suletice																																								
77 Svádov	20	20															14	14	10	11																				
78 Šachov																										2	2													
79 Tašov																						13	13																	
80 Telnice																																								
81 Tisá	19	19																																						
82 Týniště	3	3																																						
83 U Staré Pošty																					15	14																		
84 Ústí nad Labem	24	23											15	15			16	17	15	16	15	15	15	13	5	6	13	13	10	10	18	18								
85 Valtířov	20	20															14	14	10	11																				
86 Varvažov																																								
87 Velké Březno	20	20															14	14	10	11																				
88 Velké Chvojno																						13	12																	
89 Vyklice																								12	12															
90 Zadní Telnice																																								

<i>Linky 001452 až 592460</i>	001452/A	001452/B	552622/A	552622/B	572524/A	572524/B	582480/A	582480/B	582481/A	582481/B	582485/A	582485/B	582488/A	582488/B	592432/A	592432/B	592450/A	592450/B	592451/A	592451/B	592453/A	592453/B	592454/A	592454/B	592455/A	592455/B	592456/A	592456/B	592457/A	592457/B	592458/A	592458/B	592459/A	592459/B	592460/A	592460/B		
91 Zubrnice	19	19																																				
92 Žandov																			15	14																		
93 Žďár																					13	12																
94 Žďárek	21	21																																				
95 Žežice																							8	8														

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2019), CHAPS a Ministerstvo dopravy ČR (2019), SŽDC (2019a)

<i>Linky 592801 až 595051</i>	592801/A	592801/B	595002/A	595002/B	595003/A	595003/B	595005A	595005B	595007A	595007B	595009/A	595009/B	595011/A	595011/B	595013/A	595013/B	595015/A	595015/B	595016/A	595016/B	595017/A	595017/B	595019/A	595019/B	595023/A	595027/A	595027/B	595041/A	595041/B	595042/A	595042/B	595043/A	595043/B	595046/A	595046/B	595051/A	595051/B		
1 Adolfov																																							
2 Arnultovice																																							
3 Bláhov																																							
4 Blansko																																							
5 Brozánky																																							
6 Břeží																																							
7 Budov																																							
8 Čermná																																							
9 Ččřeníště																																							
10 Český Bukov																																							
11 Český Újezd													35	35																									
12 Dolní Zálezly																	2	2																					
13 Doubravice																																							
14 Dubice																																							
15 Habrovany																																							
16 Habří																																							
17 Haslice																																							
18 Homole u Panny																																							
19 Horní Zálezly																																							
20 Hrbovice	2	2																																					
21 Chabařovice	2	2																																					
22 Chlumeč	2	2											35	35																									
23 Chudarov																																							
24 Chudrovec																																							
25 Chvalov																																							
26 Knínice																																							
27 Kojetice											17	17																											
28 Kořtov					18	18																																	
29 Krásný Les																																							
30 Leřtina																																							



<i>Linky 592801 až 595051</i>	592801/A	592801/B	595002/A	595002/B	595003/A	595003/B	595005A	595005B	595007A	595007B	595009/A	595009/B	595011/A	595011/B	595013/A	595013/B	595015/A	595015/B	595016/A	595016/B	595017/A	595017/B	595019/A	595019/B	595023/A	595027/A	595027/B	595041/A	595041/B	595042/A	595042/B	595043/A	595043/B	595046/A	595046/B	595051/A	595051/B		
31 Lhota pod Pannou																																							
32 Liboucheč																																							
33 Libov																																							
34 Lipová																																							
35 Luční Chvojno																																							
36 Lužec																																							
37 Lysá																																							
38 Malé Březno																																							
39 Malé Chvojno																																							
40 Malečov																																							
41 Mašovice																																							
42 Milbohov																																							
43 Mírkov																																							
44 Mnichov																																							
45 Moravany																																							
46 Nakléřov																																							
47 Němčí																																							
48 Neštědíce																																							
49 Nová Ves u Pláně																																							
50 Nové Stadice																																							
51 Nový Liboucheč																																							
52 Ostrov																																							
53 Petrovice																																							
54 Podlešín																																							
55 Pohoří																																							
56 Povrly																																							
57 Proboštov																																							
58 Přestanov	2	2											5	5																									
59 Radejčín																																							
60 Radešín																																							

Linky 592801 až 595051	592801/A	592801/B	595002/A	595002/B	595003/A	595003/B	595005A	595005B	595007A	595007B	595009/A	595009/B	595011/A	595011/B	595013/A	595013/B	595015/A	595015/B	595016/A	595016/B	595017/A	595017/B	595019/A	595019/B	595023/A	595027/A	595027/B	595041/A	595041/B	595042/A	595042/B	595043/A	595043/B	595046/A	595046/B	595051/A	595051/B				
61 Rájec																																									
62 Roudníky																																									
63 Roztoky																																									
64 Rýdeč																																									
65 Ryjice																							14	14																	
66 Řehlovice																																									
67 Řetouň																																									
68 Sebuzín																					28	26				1	2														
69 Slavošov																																									
70 Sovolusky																																									
71 Stadice																																									
72 Stebno																																									
73 Stradov	2	2											5	5																											
74 Strážky																	25	25	9	8																					
75 Suchá																																									
76 Suletice																																									
77 Svádov															31	31																									
78 Šachov																																									
79 Tašov																																									
80 Telnice																																									
81 Tisá																																									
82 Týniště																																									
83 U Staré Pošty																																									
84 Ústí nad Labem	2	2	19	19	36	36	49	50	10	11	35	35	69	69	31	31	30	32	9	8	36	37	33	33	1	29	29	5	5	5	5	4	5	5	5	6	57	55			
85 Valtířov																																									
86 Varvažov																																									
87 Velké Březno																																									
88 Velké Chvojno																																									
89 Vyklice																																									
90 Zadní Telnice																																									

<i>Linky 592801 až 595051</i>	592801/A	592801/B	595002/A	595002/B	595003/A	595003/B	595005A	595005B	595007A	595007B	595009/A	595009/B	595011/A	595011/B	595013/A	595013/B	595015/A	595015/B	595016/A	595016/B	595017/A	595017/B	595019/A	595019/B	595023/A	595027/A	595027/B	595041/A	595041/B	595042/A	595042/B	595043/A	595043/B	595046/A	595046/B	595051/A	595051/B				
91 Zubrnice																																									
92 Žandov																																									
93 Žďár																																									
94 Žďárek																																									
95 Žežice																																									

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2019), CHAPS a Ministerstvo dopravy ČR (2019), SŽDC (2019a)

<i>Linky 595052 až trať 130</i>	595052/A	595052/B	595053/A	595053/B	595054/A	595054/B	595055/A	595055/B	595056/A	595056/B	595057/A	595057/B	595058/A	595058/B	595059/A	595059/B	595060/A	595060/B	595062/A	595062/B	LD 901/A	LD 901/B	090/A	090/B	072/A	072/B	073/A	073/B	131/A	131/B	130/A	130/B		
1 Adolfov																																		
2 Arnultovice																																		
3 Bláhov																																		
4 Blansko																																		
5 Brozánky																											11	11						
6 Břeží																																		
7 Budov																																		
8 Čermná																																		
9 Čerěníšť																																		
10 Český Bukov																																		
11 Český Újezd																																		
12 Dolní Zálezly																							21	21										
13 Doubravice																																		
14 Dubice																																		
15 Habrovany																																		
16 Habří																																		
17 Haslice																																		
18 Homole u Panny																																		
19 Horní Zálezly																																		
20 Hrbovice																																		
21 Chabařovice																																		
22 Chlumeč																																		
23 Chuderov																																		
24 Chuderovec																																		
25 Chvalov																																		
26 Knínice																																		
27 Kojetice																																		
28 Koštov																														11	11			
29 Krásný Les																																		
30 Leština																																		

<i>Linky 595052 až trať 130</i>	595052/A	595052/B	595053/A	595053/B	595054/A	595054/B	595055/A	595055/B	595056/A	595056/B	595057/A	595057/B	595058/A	595058/B	595059/A	595059/B	595060/A	595060/B	595062/A	595062/B	LD 901/A	LD 901/B	090/A	090/B	072/A	072/B	073/A	073/B	131/A	131/B	130/A	130/B
31 Lhota pod Pannou																																
32 Libouheč																																
33 Libov																																
34 Lipová																																
35 Luční Chvojno																																
36 Lužec																																
37 Lysá																																
38 Malé Březno																											7	7				
39 Malé Chvojno																																
40 Malečov																																
41 Mašovice																																
42 Milbohov																																
43 Mírkov																																
44 Mnichov																																
45 Moravany																																
46 Nakléřov																																
47 Němčí																																
48 Neštědice																							21	21								
49 Nová Ves u Pláně																																
50 Nové Stadice																																
51 Nový Libouheč																																
52 Ostrov																																
53 Petrovice																																
54 Podlešín																																
55 Pohoří																																
56 Povrly																							23	23								
57 Proboštov																																
58 Přestanov																																
59 Radejčín																																
60 Radešín																																

Linky 595052 až trať 130	595052/A	595052/B	595053/A	595053/B	595054/A	595054/B	595055/A	595055/B	595056/A	595056/B	595057/A	595057/B	595058/A	595058/B	595059/A	595059/B	595060/A	595060/B	595062/A	595062/B	LD 901/A	LD 901/B	090/A	090/B	072/A	072/B	073/A	073/B	131/A	131/B	130/A	130/B			
61 Rájec																																			
62 Roudníky																																			
63 Roztoky																							18	18											
64 Rýdeč																																			
65 Ryjice																																			
66 Řehlovice																											11	11							
67 Řetouň																																			
68 Sebuzín																										5	6								
69 Slavošov																																			
70 Sovolusky																																			
71 Stadice																												11	11						
72 Stebno																																			
73 Stradov																																			
74 Strážky																																			
75 Suchá																																			
76 Suletice																																			
77 Svádov																												7	7						
78 Šachov																																			
79 Tašov																																			
80 Telnice																																			
81 Tisá																																			
82 Týniště																																			
83 U Staré Pošty																																			
84 Ústí nad Labem	51	51	45	44	53	53	53	53	55	54	56	55	18	17	13	13	59	56	43	45	57	57	80	82	22	23	7	6	11	10	16	15			
85 Valtířov																												7	7						
86 Varvažov																																			
87 Velké Březno																												7	7						
88 Velké Chvojno																																			
89 Vyklice																																			
90 Zadní Telnice																																			

Linky 595052 až trať 130	595052/A	595052/B	595053/A	595053/B	595054/A	595054/B	595055/A	595055/B	595056/A	595056/B	595057/A	595057/B	595058/A	595058/B	595059/A	595059/B	595060/A	595060/B	595062/A	595062/B	LD 901/A	LD 901/B	090/A	090/B	072/A	072/B	073/A	073/B	131/A	131/B	130/A	130/B	
	91 Zubnice																																
92 Žandov																																	
93 Žďár																																	
94 Žďárek																																	
95 Žežice																																	

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2019), CHAPS a Ministerstvo dopravy ČR (2019), SŽDC (2019a)

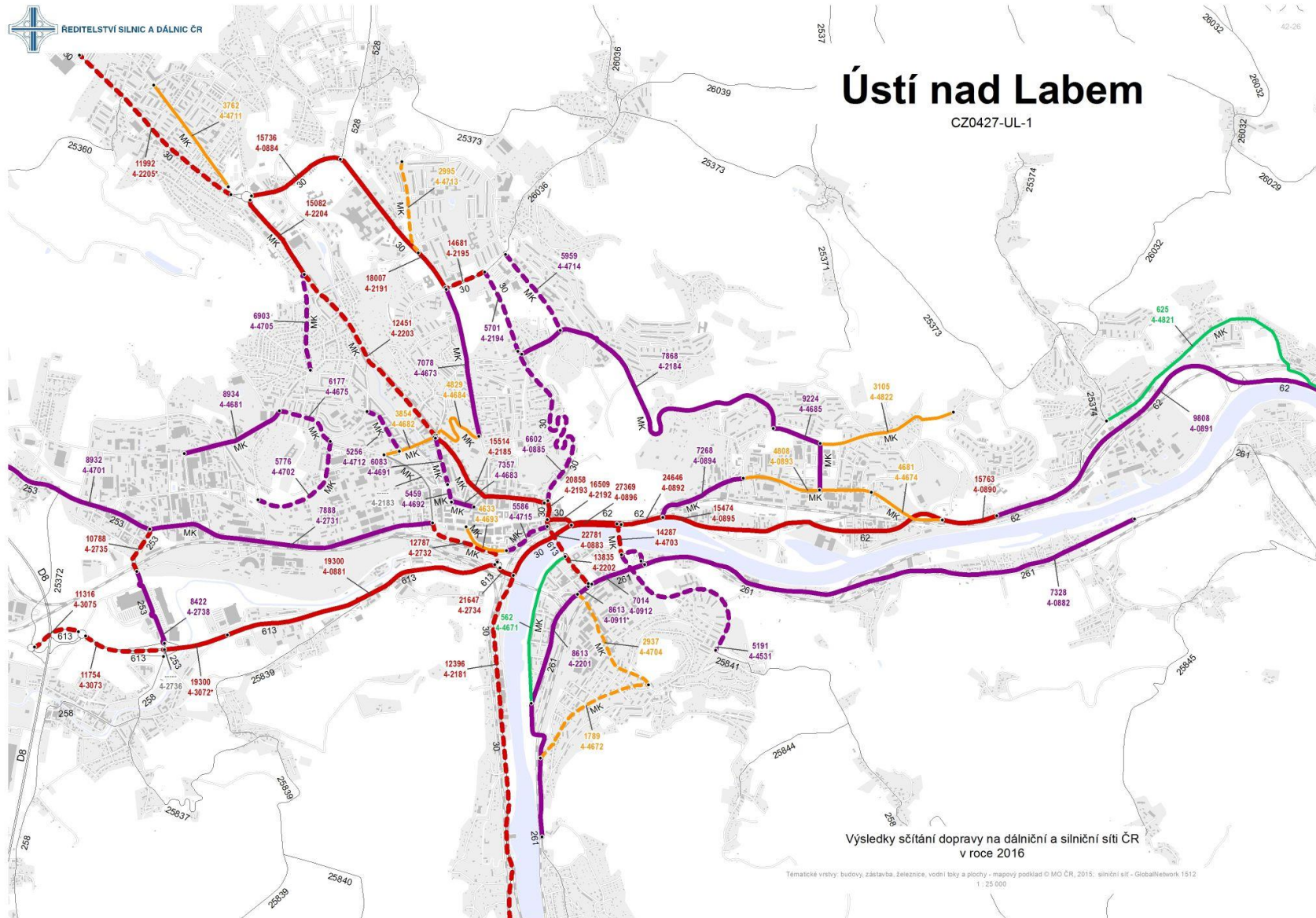
## **PŘÍLOHA D**

*Přehled intenzit provozu na pozemních komunikacích na území města Ústí nad Labem*



# Ústí nad Labem

CZ0427-UL-1



Výsledky sčítání dopravy na dálniční a silniční síti ČR  
v roce 2016

Tematické vrstvy: budovy, zástavba, železnice, vodní toky a plochy - mapový podklad © MO ČR, 2015; silniční síť - GlobalNetwork 1512  
1 : 25 000

# PŘÍLOHA E

*Hodnoty optimální kombinace vstupů  $\zeta_{opt}$*

<i>m</i> Jednotka	$x_1^m$	$x_2^m$	$x_3^m$	$x_4^m$	$x_5^m$	$x_6^m$	$x_7^m$	$x_8^m$	$x_9^m$	$x_{10}^m$	$x_{11}^m$	$x_{12}^m$	$x_{13}^m$	$x_{14}^m$	$x_{15}^m$	$x_{16}^m$	$x_{17}^m$	$x_{18}^m$	$x_{19}^m$
1 Adolfov	3	0,33	0,00	1,00	0	0	0	20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
2 Arnultovice	70	0,43	0,46	0,13	0	0	0	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
3 Bláhov	20	0,50	0,40	0,38	0	0	0	18	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
4 Blansko	3	0,33	1,00	0,00	0	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
5 Brozánky	122	0,55	0,50	0,10	0	0	0	12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
6 Břeží	99	0,45	0,42	0,19	0	1	0	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
7 Budov	11	0,45	0,45	0,00	0	0	0	9	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
8 Čermná	78	0,44	0,45	0,09	0	0	0	13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
9 Čerěníšče	65	0,45	0,49	0,16	0	0	0	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
10 Český Bukov	31	0,52	0,45	0,21	0	0	0	13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
11 Český Újezd	73	0,53	0,52	0,08	0	2	0	8	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
12 Dolní Zálezly	545	0,49	0,44	0,10	0	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
13 Doubravice	8	0,50	0,50	0,00	0	0	0	18	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
14 Dubice	261	0,48	0,48	0,08	0	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
15 Habrovany	183	0,48	0,51	0,10	0	0	0	12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
16 Habří	46	0,48	0,57	0,15	0	0	0	11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
17 Haslice	34	0,56	0,50	0,12	0	0	0	17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
18 Homole u Panny	119	0,49	0,52	0,18	0	0	0	16	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19 Horní Zálezly	67	0,24	0,12	0,13	0	0	0	11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
20 Hrbovice	97	0,26	0,03	0,00	0	1	0	6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
21 Chabařovice	2.294	0,51	0,46	0,14	2	2	0	7	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
22 Chlumeč	3.711	0,51	0,50	0,11	1	1	0	10	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
23 Chudrov	569	0,51	0,53	0,06	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
24 Chudrovec	86	0,52	0,50	0,16	0	0	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
25 Chvalov	97	0,42	0,56	0,15	0	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
26 Knínice	48	0,42	0,44	0,14	0	0	0	10	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
27 Kojetice	133	0,47	0,46	0,13	0	0	0	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
28 Koštov	367	0,50	0,44	0,11	0	1	0	6	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
29 Krásný Les	101	0,42	0,41	0,17	0	0	0	17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
30 Leština	121	0,48	0,47	0,16	0	0	0	13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
31 Lhota pod Pannou	83	0,52	0,40	0,24	0	0	0	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
32 Libouchec	1.575	0,49	0,49	0,14	1	0	0	13	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
33 Libov	30	0,37	0,47	0,07	0	0	0	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
34 Lipová	96	0,53	0,55	0,19	0	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
35 Luční Chvojno	147	0,37	0,38	0,16	0	0	0	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
36 Lužec	32	0,59	0,50	0,06	0	0	0	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
37 Lysá	8	0,50	0,63	0,20	0	0	0	11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
38 Malé Březno	373	0,52	0,48	0,15	0	1	0	11	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
39 Malé Chvojno	106	0,43	0,58	0,19	0	0	0	12	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
40 Malečov	325	0,50	0,46	0,08	1	0	0	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
41 Mašovice	9	0,33	0,67	0,00	0	0	0	11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

<i>m</i> Jednotka	$x_1^m$	$x_2^m$	$x_3^m$	$x_4^m$	$x_5^m$	$x_6^m$	$x_7^m$	$x_8^m$	$x_9^m$	$x_{10}^m$	$x_{11}^m$	$x_{12}^m$	$x_{13}^m$	$x_{14}^m$	$x_{15}^m$	$x_{16}^m$	$x_{17}^m$	$x_{18}^m$	$x_{19}^m$
42 Milbohov	80	0,48	0,49	0,18	0	0	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
43 Mírkov	64	0,50	0,52	0,09	0	0	0	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
44 Mnichov	66	0,38	0,27	0,00	0	0	0	11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
45 Moravany	51	0,53	0,49	0,20	0	0	0	11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
46 Nakléřov	19	0,50	0,05	0,20	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
47 Němčí	14	0,50	0,36	0,00	0	0	0	11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
48 Neštědice	624	0,48	0,48	0,17	0	1	0	9	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
49 Nová Ves u Pláně	16	0,50	0,13	0,00	0	0	0	17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
50 Nové Stadice	89	0,40	0,42	0,16	0	1	0	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
51 Nový Liboucheč	30	0,53	0,50	0,07	0	0	0	16	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
52 Ostrov	10	0,50	0,70	0,14	0	0	0	22	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
53 Petrovice	712	0,48	0,49	0,12	1	0	0	18	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
54 Podlešín	54	0,48	0,50	0,26	0	0	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
55 Pohoří	29	0,45	0,66	0,21	0	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
56 Povrly	1.242	0,50	0,49	0,10	1	1	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
57 Proboštov	56	0,52	0,52	0,10	0	0	0	13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
58 Přestanov	411	0,47	0,50	0,15	0	3	0	10	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
59 Radejčín	86	0,50	0,43	0,05	0	0	0	11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
60 Radešín	65	0,46	0,51	0,06	0	0	0	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
61 Rájec	7	0,43	0,29	0,00	0	0	0	20	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
62 Roudníky	275	0,49	0,41	0,12	0	1	0	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63 Roztoky	107	0,48	0,56	0,12	0	1	0	13	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
64 Rýdeč	85	0,46	0,46	0,10	0	0	0	13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
65 Ryjice	270	0,56	0,33	0,21	0	0	0	7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
66 Řehlovice	437	0,53	0,46	0,11	1	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
67 Řetouň	23	0,52	0,48	0,00	0	0	0	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
68 Sebužín	628	0,49	0,45	0,12	0	0	0	10	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
69 Slavošov	39	0,38	0,46	0,33	0	0	0	11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
70 Sovolusky	15	0,53	0,53	0,00	0	0	0	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
71 Stadice	178	0,47	0,37	0,12	0	0	0	9	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
72 Stebno	139	0,48	0,54	0,05	0	0	0	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
73 Stradov	293	0,47	0,51	0,09	0	2	0	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74 Strážky	215	0,53	0,48	0,11	0	0	0	7	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
75 Suchá	44	0,52	0,57	0,00	0	0	0	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
76 Suletice	49	0,51	0,39	0,05	0	0	0	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
77 Svádov	1.175	0,50	0,45	0,13	0	1	0	6	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
78 Šachov	17	0,41	0,29	0,00	0	0	0	14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
79 Tašov	156	0,54	0,44	0,13	0	0	0	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
80 Telnice	273	0,49	0,46	0,12	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
81 Tisá	842	0,50	0,48	0,12	1	0	0	17	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
82 Týniště	47	0,49	0,51	0,21	0	0	0	17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
83 U Staré Pošty	121	0,40	0,38	0,11	0	1	0	12	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
84 Ústí nad Labem	95.988	0,52	0,46	0,14	25	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
85 Valtířov	600	0,50	0,50	0,14	0	1	0	7	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
86 Varvažov	290	0,51	0,47	0,08	0	1	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>m</i> Jednotka	$x_1^m$	$x_2^m$	$x_3^m$	$x_4^m$	$x_5^m$	$x_6^m$	$x_7^m$	$x_8^m$	$x_9^m$	$x_{10}^m$	$x_{11}^m$	$x_{12}^m$	$x_{13}^m$	$x_{14}^m$	$x_{15}^m$	$x_{16}^m$	$x_{17}^m$	$x_{18}^m$	$x_{19}^m$
87 Velké Březno	1.569	0,52	0,46	0,12	1	1	0	9	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
88 Velké Chvojno	294	0,50	0,45	0,11	1	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
89 Vyklice	9	0,44	0,22	1,00	0	1	0	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
90 Zadní Telnice	5	0,40	0,40	0,00	0	0	0	17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
91 Zubrnice	162	0,51	0,45	0,14	0	0	0	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
92 Žandov	269	0,50	0,50	0,13	0	1	0	11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
93 Žďár	55	0,56	0,55	0,20	0	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
94 Žďárek	22	0,45	0,45	0,00	0	0	0	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
95 Žežice	83	0,48	0,47	0,21	0	0	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0

Zdroj: ČSÚ (2019, 2015, 2013), SŽDC (2019a), Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR (2018a), Ředitelství silnic a dálnic (2016), Ústecký kraj (2007), autor

## PŘÍLOHA F

Odhady počtu spojů  $\hat{y}_{VLR,\zeta_{opt}}^m$  v sídelních jednotkách  $m$  a chyby těchto odhadů vypočtených vícenásobnou lineární regresí  $e_{VLR,\zeta_{opt}}^m$

V předložené tabulce je z důvodu přehlednosti upraven dolní index popisu proměnných  $\hat{y}_{VLR,\zeta_{opt}}^m$  a  $e_{VLR,\zeta_{opt}}^m$ . Přestože to v tabulce není uvedeno, jedno se o hodnoty vypočtené

pro kombinaci vstupů  $i = \zeta_{opt}$ .

$m$ Sídelní jednotka	$\hat{y}_{VLR}^m$	$e_{VLR}^m$	$m$ Sídelní jednotka	$\hat{y}_{VLR}^m$	$e_{VLR}^m$	$m$ Sídelní jednotka	$\hat{y}_{VLR}^m$	$e_{VLR}^m$
1 Adolfov	-0,6	0,6	33 Libov	11,2	14,8	65 Ryjice	42,2	-14,2
2 Arnultovice	23,1	1,9	34 Lipová	24,3	1,7	66 Řehlovice	52,7	-8,7
3 Bláhov	5,0	4,0	35 Luční Chvojno	22,2	2,8	67 Řetouň	9,3	2,7
4 Blansko	4,4	-4,4	36 Lužec	19,2	-10,2	68 Sebužín	95,2	-27,2
5 Brozánky	24,6	5,4	37 Lysá	11,3	-7,3	69 Slavošov	16,6	-9,6
6 Břeží	30,8	-4,8	38 Malé Březno	66,6	13,4	70 Sovolusky	17,8	8,2
7 Budov	48,0	-48,0	39 Malé Chvojno	41,5	14,5	71 Stadice	53,7	-13,7
8 Čermná	17,8	-9,8	40 Malečov	22,5	3,5	72 Stebno	27,5	-3,5
9 Čeřeniště	15,2	-10,2	41 Mašovice	6,0	-6,0	73 Stradov	38,1	23,9
10 Český Bukov	11,4	-7,4	42 Milbohov	26,4	-2,4	74 Strážky	66,5	42,5
11 Český Újezd	132,8	-2,8	43 Mírkov	25,2	-16,2	75 Suchá	26,5	-12,5
12 Dolní Zálezly	36,2	9,8	44 Mnichov	18,8	6,2	76 Suletice	18,0	-4,0
13 Doubravice	4,7	4,3	45 Moravany	23,0	-23,0	77 Svádov	127,1	37,9
14 Dubice	28,4	-10,4	46 Nakléřov	6,6	-6,6	78 Šachov	8,1	-4,1
15 Habrovany	23,5	-5,5	47 Němčí	13,4	-13,4	79 Tašov	28,3	-2,3
16 Habří	20,6	-17,6	48 Neštědice	74,1	-21,1	80 Telnice	19,2	9,8
17 Haslice	8,4	0,6	49 Nová Ves u Pláně	8,4	5,6	81 Tisá	34,4	3,6
18 Homole u Panny	17,6	2,4	50 Nové Stadice	29,6	-11,6	82 Týniště	14,7	-8,7
19 Horní Zálezly	15,2	4,8	51 Nový Libouchec	9,3	27,7	83 U Staré Pošty	41,4	-12,4
20 Hrbovice	51,9	4,1	52 Ostrov	6,8	-6,8	84 Ústí nad Labem	2499,7	-1,3
21 Chabařovice	101,5	-9,5	53 Petrovice	29,1	10,9	85 Valtířov	75,7	27,3
22 Chlumec	205,2	7,8	54 Podlešín	25,6	-1,6	86 Varvažov	26,5	2,5
23 Chuderov	42,8	35,2	55 Pohoří	11,2	14,8	87 Velké Březno	87,9	15,1
24 Chuderovec	28,6	-20,6	56 Povrly	81,0	-24,0	88 Velké Chvojno	20,1	4,9
25 Chvalov	21,1	2,9	57 Proboštov	20,5	-8,5	89 Vyklice	18,1	5,9
26 Knínice	33,3	8,7	58 Přestanov	135,6	-3,6	90 Zadní Telnice	5,0	7,0
27 Kojetice	64,0	-4,0	59 Radejčín	23,5	-5,5	91 Zubrnice	21,1	16,9
28 Koštov	78,8	-2,8	60 Radešín	24,1	1,9	92 Žandov	49,4	-20,4
29 Krásný Les	15,0	-6,0	61 Rájec	9,1	-9,1	93 Žďár	24,5	0,5
30 Leština	21,0	17,0	62 Roudníky	32,8	-8,8	94 Žďárek	14,7	27,3
31 Lhota pod Pannou	19,6	0,4	63 Roztoky	55,3	-19,3	95 Žežice	26,7	-10,7
32 Libouchec	73,6	39,4	64 Rýdeč	18,7	19,3			

Zdroj: autor

## PŘÍLOHA G

### *Projekční matice $H_{\zeta_{opt}}$*

Projekční matice  $\mathbf{H}_{\zeta_{opt}}$  je z důvodu přehlednosti rozdělena na 3 samostatné tabulky.

V záhlaví tabulek jsou vždy zvýrazněny čísla sloupců  $m$ . Hodnoty na diagonále matice  $h_{mm}^{\zeta_{opt}}$  jsou zvýrazněny šedým podbarvením.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1	0,53	0,00	0,11	-0,07	-0,02	0,01	-0,02	-0,03	-0,01	0,04	-0,01	-0,01	-0,07	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	0,02	0,08	-0,02	-0,06	0,00	-0,03	-0,01	-0,01	0,01	0,02	-0,06	0,14	0,02	0,02	0,01
2	0,00	0,06	-0,01	0,03	-0,01	0,02	-0,01	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	-0,01	-0,02	0,04	0,04	-0,02	-0,01	0,02	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	-0,01	0,00	-0,02
3	0,11	-0,01	0,13	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,02	0,05	0,07	-0,02	-0,01	0,07	-0,01	0,01	0,00	0,09	0,05	-0,01	-0,07	-0,01	0,00	-0,06	-0,02	-0,02	0,00	-0,02	-0,02	-0,04	0,03	0,04	0,03
4	-0,07	0,03	0,01	0,41	-0,04	-0,05	0,06	0,03	0,05	0,02	0,02	-0,03	0,05	0,00	0,02	0,04	0,01	0,02	-0,01	-0,03	-0,01	0,00	-0,01	-0,02	0,07	0,04	0,01	0,02	0,03	0,00	-0,07	-0,02
5	-0,02	-0,01	0,01	-0,04	0,07	0,00	0,00	-0,02	-0,01	0,00	-0,02	0,03	-0,03	0,05	0,06	0,04	0,00	0,07	-0,01	-0,07	0,01	0,03	0,03	0,00	0,00	-0,02	0,02	-0,01	0,02	0,07	0,03	0,06
6	0,01	0,02	-0,01	-0,05	0,00	0,18	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,05	0,04	-0,01	0,02	0,01	0,02	-0,02	-0,01	0,06	-0,01	0,05	-0,09	0,05	0,03	0,04	-0,01	0,01	-0,06	-0,07	0,00	0,04	-0,03
7	-0,02	-0,01	0,02	0,06	0,00	0,00	0,26	-0,01	-0,02	0,02	-0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,03	0,00	-0,03	-0,01	-0,01	-0,03	-0,01	0,00	0,21	-0,02	-0,01	0,01	-0,02	-0,04
8	-0,03	0,04	0,02	0,03	-0,02	0,00	-0,01	0,08	0,08	0,01	0,02	0,00	0,07	-0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,05	0,04	-0,03	-0,01	-0,02	0,02	0,03	0,02	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	-0,02
9	-0,01	0,04	0,05	0,05	-0,01	-0,01	-0,02	0,08	0,09	0,01	0,01	0,00	0,08	-0,01	0,01	0,01	0,04	0,04	0,03	0,00	-0,03	-0,01	-0,04	0,01	0,03	0,02	-0,01	0,00	0,01	0,01	0,04	-0,01
10	0,04	0,01	0,07	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,07	-0,01	0,00	0,06	-0,01	-0,01	-0,01	0,07	-0,01	-0,04	-0,04	0,01	0,00	-0,01	0,02	-0,01	0,00	-0,02	0,00	-0,04	-0,01	0,01	0,01
11	-0,01	0,01	-0,02	0,02	-0,02	-0,05	-0,01	0,02	0,01	-0,01	0,48	0,00	0,03	-0,02	-0,02	-0,01	0,01	-0,03	-0,02	-0,02	-0,11	0,30	0,00	0,02	0,01	-0,04	-0,01	0,09	0,04	-0,03	0,00	-0,11
12	-0,01	0,01	-0,01	-0,03	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	-0,01	0,04	0,03	0,03	-0,01	0,02	0,04	0,01	-0,01	0,01	0,05	0,02	0,04	-0,02	0,01	-0,01	-0,01	0,03	0,04	0,02
13	-0,07	0,01	0,07	0,05	-0,03	-0,01	0,02	0,07	0,08	0,06	0,03	-0,01	0,17	-0,04	-0,02	-0,01	0,12	0,00	-0,02	0,01	-0,02	-0,02	-0,05	0,00	0,01	0,01	-0,06	0,00	-0,06	-0,03	0,05	-0,03
14	-0,01	0,01	-0,01	0,00	0,05	0,02	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	0,04	-0,04	0,05	0,05	0,04	-0,02	0,05	0,05	-0,01	-0,01	0,02	0,04	0,00	0,03	-0,02	0,03	0,00	0,02	0,05	0,02	0,04
15	-0,01	0,00	0,01	0,02	0,06	0,01	0,01	0,00	0,01	-0,01	-0,02	0,03	-0,02	0,05	0,06	0,04	-0,01	0,07	0,04	-0,03	-0,01	0,02	0,02	-0,02	0,03	-0,02	0,02	-0,01	0,02	0,06	0,02	0,04
16	-0,01	0,01	0,00	0,04	0,04	0,02	0,00	0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,03	-0,01	0,04	0,04	0,05	-0,01	0,05	0,02	-0,03	-0,02	0,02	0,04	0,01	0,05	-0,01	0,01	-0,01	0,00	0,04	0,04	0,03
17	-0,02	-0,01	0,09	0,01	0,00	-0,02	0,02	0,03	0,04	0,07	0,01	-0,01	0,12	-0,02	-0,01	-0,01	0,11	0,01	-0,07	-0,05	0,01	0,00	-0,04	0,01	-0,02	0,00	-0,04	-0,01	-0,04	-0,01	0,04	0,00
18	0,02	-0,02	0,05	0,02	0,07	-0,01	0,01	0,01	0,04	-0,01	-0,03	0,02	0,00	0,05	0,07	0,05	0,01	0,11	0,04	-0,07	-0,02	0,03	-0,01	-0,05	0,02	-0,02	0,02	-0,02	0,02	0,09	0,05	0,06
19	0,08	0,04	-0,01	-0,01	-0,01	0,06	0,03	0,05	0,03	-0,04	-0,02	0,04	-0,02	0,05	0,04	0,02	-0,07	0,04	0,29	0,17	-0,09	-0,01	0,00	-0,04	0,06	-0,02	0,02	-0,01	-0,01	0,05	0,03	0,00
20	-0,02	0,04	-0,07	-0,03	-0,07	-0,01	0,00	0,04	0,00	-0,04	-0,02	0,01	0,01	-0,01	-0,03	-0,03	-0,05	-0,07	0,17	0,44	0,14	0,05	0,00	0,00	0,02	0,06	-0,03	0,15	0,00	-0,05	-0,02	0,05
21	-0,06	-0,02	-0,01	-0,01	0,01	0,05	-0,03	-0,03	-0,03	0,01	-0,11	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,02	0,01	-0,02	-0,09	0,14	0,32	-0,04	0,00	0,01	-0,04	0,04	-0,02	0,10	-0,01	-0,01	-0,03	0,08
22	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,03	-0,09	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,30	0,01	-0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,03	-0,01	0,05	-0,04	0,43	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02	0,03	0,03	0,01	0,09
23	-0,03	0,02	-0,06	-0,01	0,03	0,05	-0,01	-0,02	-0,04	-0,01	0,00	0,05	-0,05	0,04	0,02	0,04	-0,04	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10	0,06	0,04	-0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
24	-0,01	0,05	-0,02	-0,02	0,00	0,03	-0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	-0,02	0,01	0,01	-0,05	-0,04	0,00	0,01	0,00	0,06	0,09	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	-0,03	0,01	-0,02
25	-0,01	0,02	-0,02	0,07	0,00	0,04	-0,01	0,03	0,03	-0,01	0,01	0,04	0,01	0,03	0,03	0,05	-0,02	0,02	0,06	0,02	-0,04	0,01	0,04	0,02	0,08	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,02	0,05	0,00
26	0,01	0,02	0,00	0,04	-0,02	-0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	-0,04	-0,02	0,01	-0,02	-0,02	-0,01	0,00	-0,02	-0,02	0,06	0,04	0,02	-0,01	0,02	0,00	0,58	0,00	-0,08	0,03	-0,02	-0,02	0,02
27	0,02	0,01	-0,02	0,01	0,02	0,01	0,21	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	0,01	-0,06	0,03	0,02	0,01	-0,04	0,02	0,02	-0,03	-0,02	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,24	-0,02	0,04	0,03	-0,02	-0,03
28	-0,06	0,01	-0,02	0,02	-0,01	-0,06	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,09	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	0,15	0,10	0,02	0,00	0,01	0,00	-0,08	-0,02	0,30	-0,02	-0,01	-0,02	0,02
29	0,14	0,01	-0,04	0,03	0,02	-0,07	-0,01	0,00	0,01	-0,04	0,04	-0,01	-0,06	0,02	0,02	0,00	-0,04	0,02	-0,01	0,00	-0,01	0,03	0,00	0,00	-0,02	0,03	0,04	-0,02	0,28	0,02	-0,05	-0,02
30	0,02	-0,01	0,03	0,00	0,07	0,00	0,01	0,00	0,01	-0,01	-0,03	0,03	-0,03	0,05	0,06	0,04	-0,01	0,09	0,05	-0,05	-0,01	0,03	0,01	-0,03	0,02	-0,02	0,03	-0,01	0,02	0,08	0,03	0,06
31	0,02	0,00	0,04	-0,07	0,03	0,04	-0,02	0,03	0,04	0,01	0,00	0,04	0,05	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,03	-0,02	-0,03	0,01	0,01	0,01	0,05	-0,02	-0,02	-0,02	-0,05	0,03	0,10	0,02
32	0,01	-0,02	0,03	-0,02	0,06	-0,03	-0,04	-0,02	-0,01	0,01	-0,11	0,02	-0,03	0,04	0,04	0,03	0,00	0,06	0,00	0,05	0,08	0,09	0,01	-0,02	0,00	0,02	-0,03	0,02	-0,02	0,06	0,02	0,23

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
33	0,02	0,04	0,01	0,12	-0,02	0,01	0,05	0,01	-0,01	0,03	0,00	-0,01	0,01	0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,03	0,07	0,06	-0,01	-0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,05	-0,02
34	-0,02	0,04	0,01	0,01	-0,01	0,02	-0,04	0,04	0,05	0,02	0,02	0,01	0,05	-0,01	-0,01	0,01	0,04	-0,02	-0,05	-0,03	0,00	0,00	0,02	0,07	0,03	0,02	-0,01	0,00	-0,01	-0,02	0,04	-0,02
35	0,06	0,05	0,02	0,05	0,02	0,00	0,01	0,03	0,03	0,00	-0,02	0,00	-0,05	0,03	0,04	0,00	-0,04	0,04	0,11	0,03	-0,02	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,04	0,00	0,06	0,05	-0,04	0,01
36	-0,03	-0,02	0,00	-0,04	0,04	0,04	0,03	-0,06	-0,07	0,05	-0,01	0,04	0,01	0,02	0,01	0,02	0,04	-0,02	-0,07	-0,04	0,03	0,02	0,08	0,04	0,00	-0,02	-0,01	0,00	-0,06	0,00	0,02	0,03
37	0,00	0,02	0,04	0,10	-0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,06	0,02	0,00	0,08	-0,02	-0,03	0,01	0,07	-0,03	-0,07	-0,03	0,00	-0,01	0,01	0,05	0,03	0,02	-0,03	0,00	-0,05	-0,04	0,01	-0,02
38	0,01	0,00	0,01	-0,03	0,00	0,02	-0,04	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01	0,02	-0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	-0,01	-0,01	0,01	-0,05	0,00	0,01	0,01	-0,05	-0,04	0,09	-0,02	0,00	0,03	0,02
39	0,03	0,02	0,05	0,08	0,01	-0,06	-0,04	0,02	0,03	0,02	-0,08	-0,02	-0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,04	-0,02	0,05	0,07	0,09	-0,02	0,00	-0,01	0,06	-0,02	0,03	0,01	0,03	-0,02	0,19
40	-0,02	0,04	0,00	-0,01	0,02	0,01	-0,02	0,02	0,01	0,01	-0,01	0,01	-0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,01	0,03	0,05	-0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	-0,01	0,00
41	-0,04	0,01	-0,01	0,22	-0,03	0,02	0,06	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,06	0,01	0,02	0,04	0,00	0,00	0,09	0,07	-0,04	0,00	0,03	-0,02	0,09	0,00	-0,01	0,01	-0,05	0,00	0,01	-0,01
42	0,01	0,05	-0,02	0,01	-0,01	0,03	-0,03	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	-0,01	0,00	-0,01	0,01	-0,01	-0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,08	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	-0,02	0,00	-0,02
43	-0,03	0,02	-0,03	-0,01	0,03	0,04	-0,01	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,05	-0,02	0,04	0,03	0,04	-0,02	0,01	0,01	0,00	-0,01	0,02	0,07	0,04	0,05	-0,01	0,01	0,00	-0,01	0,02	0,03	0,01
44	-0,02	0,06	0,00	-0,01	-0,02	0,02	0,00	0,07	0,06	0,00	0,01	0,01	0,04	0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,13	0,11	-0,04	-0,02	-0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	-0,03
45	0,01	0,00	0,01	-0,04	0,04	0,03	-0,02	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,04	-0,01	0,03	0,03	0,04	0,01	0,03	0,00	-0,04	-0,01	0,02	0,04	0,02	0,04	-0,02	0,01	-0,01	-0,02	0,03	0,06	0,03
46	0,11	0,01	0,05	-0,12	0,00	-0,05	0,02	0,01	-0,01	0,06	0,06	0,00	0,04	-0,01	-0,02	-0,04	0,06	-0,04	0,00	0,06	-0,03	0,01	-0,01	0,03	-0,06	0,03	-0,01	-0,04	0,07	-0,02	0,00	-0,05
47	-0,01	0,01	0,04	-0,02	0,02	0,00	0,04	-0,01	-0,02	0,05	-0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	-0,03	0,04	-0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	-0,05	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,00	-0,03	0,01
48	0,02	0,01	0,00	-0,01	-0,02	0,04	-0,04	0,01	0,01	0,00	0,08	0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,01	0,00	-0,02	0,01	0,01	0,00	-0,05	0,01	0,02	0,02	-0,05	-0,04	0,09	-0,03	-0,02	0,02	0,01
49	0,01	0,00	0,08	-0,12	0,02	0,00	0,04	0,03	0,02	0,06	-0,01	0,00	0,08	0,00	0,00	-0,04	0,08	0,01	0,06	0,05	0,00	-0,01	-0,05	-0,02	-0,06	-0,01	-0,02	-0,01	-0,03	0,01	0,02	0,01
50	0,02	0,03	-0,02	-0,02	0,00	0,18	0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,05	0,04	-0,03	0,03	0,01	0,02	-0,04	-0,01	0,10	0,01	0,04	-0,09	0,05	0,02	0,04	-0,01	0,02	-0,06	-0,06	0,01	0,02	-0,04
51	-0,03	-0,03	0,05	0,01	0,03	0,01	0,04	-0,01	0,00	0,04	-0,01	0,02	0,07	0,01	0,02	0,02	0,07	0,04	-0,02	-0,03	0,00	0,01	0,01	-0,02	0,02	-0,02	-0,02	-0,01	-0,06	0,02	0,05	0,03
52	0,07	-0,03	0,05	0,11	0,03	-0,03	0,03	-0,02	0,00	0,03	-0,03	-0,02	0,03	0,00	0,02	0,01	0,04	0,05	-0,09	-0,11	0,04	0,01	-0,03	-0,03	-0,02	-0,01	0,00	0,02	0,12	0,03	-0,02	0,05
53	0,06	0,02	-0,02	-0,02	0,00	0,03	-0,03	0,03	0,03	-0,01	-0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,02	-0,02	0,00	0,02	0,01	-0,01	-0,01	0,02	0,11	0,00	0,02	0,01
54	0,04	0,05	0,00	0,02	0,01	0,03	-0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	-0,04	0,01	0,00	0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02	0,00	0,00	0,05	0,07	0,01	0,02	0,03	0,00	0,02	0,00	-0,01	0,00
55	0,03	0,02	0,05	0,16	-0,01	-0,01	0,03	0,00	0,01	0,05	0,00	-0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	-0,03	-0,05	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,03	0,00
56	0,01	-0,01	0,01	0,00	0,03	0,00	-0,02	-0,02	-0,01	0,00	0,04	0,00	-0,03	0,02	0,03	0,00	-0,01	0,03	0,01	-0,03	0,03	-0,05	0,00	-0,02	-0,02	-0,06	-0,02	0,10	0,02	0,04	-0,02	0,05
57	-0,03	0,00	0,01	-0,01	0,04	0,02	-0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,04	0,01	-0,02	-0,02	0,02	0,03	0,01	0,04	-0,02	0,00	-0,01	-0,02	0,03	0,06	0,02
58	0,01	-0,01	0,03	-0,03	0,00	0,14	0,01	-0,01	-0,01	0,01	0,22	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,02	-0,02	0,10	0,24	-0,02	-0,01	-0,02	0,04	0,01	-0,09	-0,06	0,01	-0,01	0,00
59	-0,04	0,01	-0,02	-0,05	0,02	0,04	-0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,03	0,03	-0,02	0,01	0,04	0,03	0,05	-0,01	-0,01	-0,01	-0,03	0,01	0,06	0,01
60	-0,04	0,05	-0,02	0,04	-0,01	0,01	-0,01	0,04	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,02	0,01	0,03	-0,01	0,00	0,03	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	-0,01	0,00	-0,02
61	0,06	0,00	0,00	-0,05	-0,03	0,04	0,03	0,02	0,00	0,02	-0,01	0,00	0,07	-0,02	-0,02	-0,03	0,04	-0,04	0,04	0,07	0,00	-0,02	-0,01	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	0,02	0,06	-0,03	0,01	-0,01
62	-0,06	-0,01	0,00	0,03	0,02	-0,05	0,02	0,03	0,04	-0,02	0,04	0,00	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,04	-0,02	0,09	0,12	0,01	-0,02	-0,02	0,00	0,00	0,01	0,11	0,07	0,02	0,01	-0,05
63	0,01	-0,01	0,03	0,05	0,02	-0,01	-0,02	0,01	0,02	0,00	0,06	-0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,05	0,02	-0,04	0,01	-0,04	-0,03	-0,04	0,00	-0,05	-0,02	0,09	0,02	0,04	0,00	0,04
64	-0,03	0,04	0,02	0,02	-0,02	0,01	-0,02	0,07	0,08	0,01	0,02	0,01	0,07	-0,01	0,00	0,01	0,04	0,01	0,03	0,03	-0,03	-0,01	-0,02	0,03	0,03	0,02	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,04	-0,02



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
65	-0,02	0,00	0,00	-0,08	0,06	-0,05	0,00	-0,02	-0,03	0,00	-0,01	0,03	-0,05	0,04	0,03	0,02	-0,01	0,03	-0,01	0,10	0,09	0,09	0,05	0,02	-0,01	-0,05	0,03	0,20	-0,01	0,04	0,01	0,05
66	-0,01	-0,02	0,00	-0,04	0,02	0,01	0,00	-0,02	-0,02	0,00	0,04	0,02	-0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02	-0,06	-0,04	-0,02	0,01	-0,02	0,00	0,42	0,00	0,08	-0,03	0,02	0,02	-0,02
67	-0,05	0,00	0,06	0,03	0,01	-0,02	0,04	0,02	0,02	0,06	0,00	-0,01	0,09	-0,01	0,00	-0,01	0,08	0,01	-0,03	-0,02	0,01	0,00	-0,02	0,00	-0,03	0,00	-0,02	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
68	-0,02	0,00	0,01	-0,04	-0,03	-0,01	0,15	0,03	0,03	0,01	-0,05	0,01	0,06	-0,03	-0,03	0,00	0,03	-0,02	-0,02	0,11	0,02	0,06	-0,01	0,02	0,03	0,05	0,14	0,00	-0,06	-0,04	0,06	0,11
69	0,09	0,05	0,04	0,08	0,00	0,01	-0,01	0,05	0,06	0,01	-0,01	0,00	-0,01	0,01	0,02	0,02	-0,01	0,04	0,08	-0,01	-0,03	0,00	-0,02	0,01	0,03	0,01	0,02	-0,01	0,02	0,03	0,01	0,00
70	-0,04	0,01	0,01	0,04	0,02	0,00	0,04	-0,03	-0,05	0,06	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,00	-0,01	0,03	-0,04	-0,07	-0,03	0,04	0,01	0,05	0,05	-0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,06	0,00
71	0,01	0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,05	-0,01	0,01	0,01	-0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,00	0,02	0,05	-0,08	0,04	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00
72	-0,02	0,04	-0,01	0,05	0,03	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,00	-0,05	0,03	0,03	0,01	-0,02	0,01	-0,01	-0,03	0,02	0,01	0,03	0,04	-0,02	0,01	0,04	0,01	0,06	0,03	-0,05	0,01
73	-0,09	-0,01	0,00	0,07	0,00	0,07	0,03	0,02	0,03	-0,02	0,00	-0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	-0,02	0,05	0,20	-0,09	-0,03	-0,03	-0,01	0,01	0,02	0,05	0,04	0,01	-0,01	-0,10
74	-0,02	0,00	-0,01	-0,02	0,02	0,01	0,20	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,01	-0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	-0,02	-0,04	-0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,22	-0,02	0,02	0,01	0,01	-0,03
75	-0,07	0,01	-0,05	0,00	0,04	0,03	0,00	-0,02	-0,03	-0,01	0,00	0,04	-0,03	0,04	0,03	0,04	-0,02	0,00	-0,01	-0,01	0,01	0,02	0,08	0,04	0,03	-0,01	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02
76	-0,04	0,03	0,04	-0,05	0,01	-0,01	-0,02	0,07	0,07	0,02	0,01	0,01	0,08	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02	0,01	0,01	-0,01	0,00	-0,03	0,02	0,00	0,01	-0,01	0,00	0,01	0,01	0,04	-0,01
77	0,03	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,18	-0,01	0,00	0,00	0,07	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,03	0,00	-0,07	-0,02	-0,01	-0,03	-0,04	0,19	0,07	0,03	-0,01	-0,03	-0,03
78	0,01	-0,02	0,03	0,00	0,03	0,02	0,07	-0,01	-0,02	0,02	-0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,01	0,02	0,04	0,12	0,06	-0,02	0,01	0,00	-0,05	0,00	-0,03	0,00	-0,01	-0,03	0,04	0,01	0,03
79	0,00	0,03	0,01	-0,04	0,04	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,02	-0,01	0,01	-0,03	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	-0,03	-0,04	0,02	0,01	0,02	0,04	-0,03	0,00	0,03	0,00	0,04	0,03	-0,01	0,02
80	0,01	0,00	-0,02	0,03	0,04	-0,07	-0,01	0,02	0,02	-0,02	0,07	0,02	0,01	0,03	0,03	0,04	0,00	0,04	-0,02	-0,01	-0,04	0,04	0,02	0,00	0,03	0,03	0,01	-0,04	0,12	0,03	0,03	-0,02
81	0,05	0,02	-0,03	-0,04	0,00	0,04	-0,04	0,02	0,02	-0,01	-0,02	0,01	0,01	0,00	-0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,03	-0,01	0,03	-0,02	0,02	0,04	0,01	-0,01	-0,01	0,02	0,11	-0,01	0,02	0,00
82	0,01	-0,01	0,05	0,01	0,04	0,01	-0,01	0,04	0,06	0,00	-0,01	0,03	0,05	0,02	0,04	0,05	0,04	0,09	0,04	-0,04	-0,03	0,01	-0,02	-0,03	0,05	-0,02	-0,01	-0,02	-0,02	0,05	0,08	0,04
83	0,04	-0,01	-0,01	0,01	0,01	0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,06	0,00	-0,02	0,01	0,02	0,00	-0,02	0,02	0,03	0,10	0,10	0,01	0,00	-0,02	0,00	0,07	-0,02	-0,07	0,05	0,02	-0,01	0,11
84	0,00	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	-0,02	-0,01	-0,01	0,00	0,02
85	0,01	0,01	-0,02	-0,01	-0,01	0,04	-0,04	0,00	-0,01	0,00	0,08	0,01	0,00	0,00	-0,02	0,00	-0,01	-0,04	-0,01	0,02	0,01	-0,05	0,03	0,03	0,02	-0,05	-0,03	0,09	-0,02	-0,02	0,01	0,01
86	-0,02	0,00	-0,02	-0,01	0,03	0,05	0,00	0,01	0,01	-0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	-0,03	-0,05	0,04	-0,06	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	-0,10	0,08	0,01	0,02	-0,06
87	-0,01	-0,01	0,01	-0,01	0,01	0,05	0,00	-0,01	-0,01	0,01	-0,03	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	-0,03	-0,04	0,03	-0,07	0,00	0,00	-0,02	0,01	0,00	-0,02	-0,01	0,01	-0,01	-0,02
88	-0,01	0,03	0,02	-0,01	0,02	0,00	-0,02	0,03	0,03	0,02	-0,01	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00	-0,02	0,01	-0,01	0,01	0,03	-0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,00	0,01
89	0,31	-0,01	0,11	0,00	-0,03	0,05	0,00	-0,03	-0,01	0,06	0,00	0,00	-0,01	-0,02	-0,02	0,02	0,02	0,00	-0,01	0,03	0,09	-0,01	-0,01	0,02	0,03	0,00	0,01	0,08	-0,07	-0,01	0,06	-0,04
90	0,08	-0,02	-0,07	0,05	-0,01	-0,02	0,04	-0,03	-0,05	-0,02	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	-0,02	-0,03	0,01	0,08	-0,02	0,02	0,05	-0,01	0,03	0,01	-0,01	-0,01	0,17	-0,02	-0,01	-0,03
91	0,00	-0,01	0,04	-0,03	0,06	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	-0,02	0,03	0,00	0,04	0,06	0,04	0,01	0,09	0,04	-0,05	-0,01	0,02	0,00	-0,03	0,02	-0,02	0,01	-0,02	0,01	0,07	0,05	0,05
92	0,00	-0,01	-0,02	-0,01	0,01	0,02	-0,04	-0,02	-0,02	0,00	-0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	-0,01	-0,07	0,05	0,12	0,02	0,02	0,02	0,00	0,08	-0,03	-0,07	0,03	-0,01	0,01	0,10
93	-0,01	0,03	0,02	-0,01	0,01	0,01	-0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	-0,07	-0,06	0,01	0,01	0,02	0,07	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,03	0,00
94	-0,01	-0,01	-0,01	0,04	0,03	0,03	0,06	-0,04	-0,06	0,03	-0,02	0,03	-0,01	0,04	0,03	0,02	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,01	0,06	-0,01	0,01	-0,02	0,01	0,00	-0,03	0,02	-0,02	0,03
95	0,02	0,05	-0,01	0,00	-0,01	0,04	-0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	-0,01	0,00	-0,01	0,01	-0,01	-0,04	-0,01	0,01	0,00	0,00	0,05	0,08	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	-0,02	0,00	-0,02

Zdroj: autor

	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
1	0,02	-0,02	0,06	-0,03	0,00	0,01	0,03	-0,02	-0,04	0,01	-0,03	-0,02	0,01	0,11	-0,01	0,02	0,01	0,02	-0,03	0,07	0,06	0,04	0,03	0,01	-0,03	0,01	-0,04	-0,04	0,06	-0,06	0,01	-0,03
2	0,04	0,04	0,05	-0,02	0,02	0,00	0,02	0,04	0,01	0,05	0,02	0,06	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03	-0,03	-0,03	0,02	0,05	0,02	-0,01	0,00	-0,01	0,01	0,05	0,00	-0,01	-0,01	0,04
3	0,01	0,01	0,02	0,00	0,04	0,01	0,05	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	0,00	0,01	0,05	0,04	0,00	0,08	-0,02	0,05	0,05	-0,02	0,00	0,05	0,01	0,01	0,03	-0,02	-0,02	0,00	0,00	0,03	0,02
4	0,12	0,01	0,05	-0,04	0,10	-0,03	0,08	-0,01	0,22	0,01	-0,01	-0,01	-0,04	-0,12	-0,02	-0,01	-0,12	-0,02	0,01	0,11	-0,02	0,02	0,16	0,00	-0,01	-0,03	-0,05	0,04	-0,05	0,03	0,05	0,02
5	-0,02	-0,01	0,02	0,04	-0,03	0,00	0,01	0,02	-0,03	-0,01	0,03	-0,02	0,04	0,00	0,02	-0,02	0,02	0,00	0,03	0,03	0,00	0,01	-0,01	0,03	0,04	0,00	0,02	-0,01	-0,03	0,02	0,02	-0,02
6	0,01	0,02	0,00	0,04	0,01	0,02	-0,06	0,01	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	-0,05	0,00	0,04	0,00	0,18	0,01	-0,03	0,03	0,03	-0,01	0,00	0,02	0,14	0,04	0,01	0,04	-0,05	-0,01	0,01
7	0,05	-0,04	0,01	0,03	0,01	-0,04	-0,04	-0,02	0,06	-0,03	-0,01	0,00	-0,02	0,02	0,04	-0,04	0,04	0,01	0,04	0,03	-0,03	-0,02	0,03	-0,02	-0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,03	0,02	-0,02	-0,02
8	0,01	0,04	0,03	-0,06	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,00	0,07	0,00	0,01	-0,01	0,01	0,03	0,00	-0,01	-0,02	0,03	0,01	0,00	-0,02	0,02	-0,01	0,02	0,04	0,02	0,03	0,01	0,07
9	-0,01	0,05	0,03	-0,07	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	-0,01	0,06	0,00	-0,01	-0,02	0,01	0,02	-0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	-0,01	0,03	-0,01	0,01	0,03	0,00	0,04	0,02	0,08
10	0,03	0,02	0,00	0,05	0,06	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	-0,01	0,00	0,01	0,06	0,05	0,00	0,06	-0,01	0,04	0,03	-0,01	0,02	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	-0,02	0,00	0,01
11	0,00	0,02	-0,02	-0,01	0,02	0,07	-0,08	-0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	-0,01	0,06	-0,01	0,08	-0,01	-0,05	-0,01	-0,03	-0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,22	0,01	0,02	-0,01	0,04	0,06	0,02
12	-0,01	0,01	0,00	0,04	0,00	0,01	-0,02	0,01	0,02	0,02	0,05	0,01	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,02	-0,02	0,01	0,01	-0,01	0,00	0,04	-0,01	0,05	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,01
13	0,01	0,05	-0,05	0,01	0,08	0,02	-0,01	-0,01	0,06	-0,01	-0,02	0,04	-0,01	0,04	0,03	0,01	0,08	-0,03	0,07	0,03	0,01	-0,04	0,02	-0,03	0,03	-0,01	0,03	0,01	0,07	0,03	0,01	0,07
14	0,01	-0,01	0,03	0,02	-0,02	-0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,04	0,01	0,03	-0,01	0,01	-0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02	0,00	-0,02	0,01	0,01	-0,01
15	0,00	-0,01	0,04	0,01	-0,03	0,00	0,02	0,01	0,02	-0,01	0,03	0,00	0,03	-0,02	0,00	-0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,02	0,00	-0,02	0,02	0,03	0,00
16	-0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	0,01	0,04	-0,01	0,04	-0,04	-0,03	0,01	-0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,04	-0,01	0,03	0,01	-0,03	0,01	0,01	0,01
17	0,00	0,04	-0,04	0,04	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,02	0,00	0,01	0,06	0,04	0,00	0,08	-0,04	0,07	0,04	0,00	-0,01	0,03	-0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,04	0,02	0,01	0,04
18	-0,03	-0,02	0,04	-0,02	-0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	-0,04	0,01	0,00	0,03	-0,04	-0,01	-0,02	0,01	-0,01	0,04	0,05	0,00	-0,02	0,00	0,03	0,04	0,00	0,01	-0,02	-0,04	0,04	0,05	0,01
19	0,07	-0,05	0,11	-0,07	-0,07	-0,01	-0,02	0,00	0,09	0,00	0,01	0,13	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,10	-0,02	-0,09	-0,01	-0,01	-0,03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,04	-0,02	0,02	0,03
20	0,06	-0,03	0,03	-0,04	-0,03	-0,01	0,05	0,00	0,07	0,01	0,00	0,11	-0,04	0,06	0,01	0,01	0,05	0,01	-0,03	-0,11	-0,01	-0,02	-0,05	-0,03	-0,02	-0,02	0,03	0,03	0,07	0,09	-0,04	0,03
21	-0,01	0,00	-0,02	0,03	0,00	0,01	0,07	0,02	-0,04	0,00	-0,01	-0,04	-0,01	-0,03	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	0,02	0,00	0,01	0,03	-0,02	0,10	-0,02	-0,01	0,00	0,12	0,01	-0,03
22	-0,01	0,00	0,00	0,02	-0,01	-0,05	0,09	-0,01	0,00	0,00	0,02	-0,02	0,02	0,01	0,00	-0,05	-0,01	-0,09	0,01	0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,05	0,02	0,24	0,01	0,00	-0,02	0,01	-0,04	-0,01
23	0,02	0,02	0,00	0,08	0,01	0,00	-0,02	0,03	0,03	0,05	0,07	-0,01	0,04	-0,01	0,01	0,01	-0,05	0,05	0,01	-0,03	0,00	0,05	0,01	0,00	0,03	-0,02	0,04	0,03	-0,01	-0,02	-0,03	-0,02
24	0,01	0,07	0,00	0,04	0,05	0,01	0,00	0,05	-0,02	0,08	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	-0,02	0,02	-0,02	-0,03	0,02	0,07	0,02	-0,02	0,01	-0,01	0,03	0,05	0,00	-0,02	-0,04	0,03
25	0,01	0,03	-0,01	0,00	0,03	0,01	-0,01	-0,01	0,09	0,02	0,05	0,01	0,04	-0,06	-0,05	0,02	-0,06	0,04	0,02	-0,02	0,01	0,01	0,01	-0,02	0,04	-0,02	0,05	0,02	-0,01	0,00	0,00	0,03
26	0,01	0,02	0,01	-0,02	0,02	-0,05	0,06	0,01	0,00	0,02	-0,01	0,01	-0,02	0,03	0,00	-0,05	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	0,02	0,01	-0,06	-0,02	0,04	-0,01	0,02	-0,02	0,00	-0,05	0,02
27	0,01	-0,01	0,04	-0,01	-0,03	-0,04	-0,02	0,01	-0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	-0,01	0,00	-0,04	-0,02	0,02	-0,02	0,00	-0,01	0,03	0,01	-0,02	0,00	0,01	-0,01	0,01	-0,03	0,01	-0,02	-0,01
28	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	-0,01	-0,04	0,01	0,09	-0,01	-0,06	-0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,10	-0,01	-0,09	-0,01	0,01	0,02	0,11	0,09	0,00
29	0,00	-0,01	0,06	-0,06	-0,05	-0,02	0,01	0,03	-0,05	0,01	-0,01	0,01	-0,02	0,07	-0,01	-0,03	-0,03	-0,06	-0,06	0,12	0,11	0,02	-0,01	0,02	-0,02	-0,06	-0,03	0,02	0,06	0,07	0,02	0,00
30	-0,01	-0,02	0,05	0,00	-0,04	0,00	0,03	0,01	0,00	-0,02	0,02	0,00	0,03	-0,02	0,00	-0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,01	0,01	-0,01	-0,03	0,02	0,04	-0,01
31	-0,05	0,04	-0,04	0,02	0,01	0,03	-0,02	-0,01	0,01	0,00	0,03	0,01	0,06	0,00	-0,03	0,02	0,02	0,02	0,05	-0,02	0,02	-0,01	-0,03	-0,02	0,06	-0,01	0,06	0,00	0,01	0,01	0,00	0,04
32	-0,02	-0,02	0,01	0,03	-0,02	0,02	0,19	0,00	-0,01	-0,02	0,01	-0,03	0,03	-0,05	0,01	0,01	0,01	-0,04	0,03	0,05	0,01	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,01	-0,02	-0,01	-0,05	0,04	-0,02

	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	
33	0,12	-0,01	0,07	0,02	0,04	-0,02	0,02	0,02	0,08	0,03	0,00	0,04	-0,03	0,03	0,06	0,00	0,03	0,03	0,00	0,01	-0,03	0,03	0,08	0,01	-0,03	0,01	-0,02	0,03	0,02	-0,03	0,00	0,00	
34	-0,01	0,08	-0,02	0,01	0,06	0,01	0,01	0,03	-0,01	0,06	0,02	0,01	0,03	0,01	-0,01	0,02	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,03	0,05	0,02	-0,03	0,03	-0,02	0,03	0,05	-0,01	0,00	-0,02	0,05	
35	0,07	-0,02	0,13	-0,06	-0,04	-0,02	0,05	0,05	-0,01	0,03	-0,01	0,07	-0,02	0,01	0,04	-0,02	0,03	0,03	-0,05	-0,01	-0,01	0,04	0,03	0,04	-0,02	0,02	-0,03	0,03	-0,02	0,00	0,03	0,01	
36	0,02	0,01	-0,06	0,17	0,05	0,01	-0,04	0,01	0,02	0,01	0,06	-0,06	0,05	0,05	0,06	0,01	0,03	0,02	0,08	0,01	-0,02	0,01	0,03	0,00	0,02	-0,01	0,04	-0,01	0,03	-0,03	-0,04	-0,05	
37	0,04	0,06	-0,04	0,05	0,11	0,01	0,02	0,00	0,07	0,04	0,01	-0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	-0,01	0,00	0,04	0,03	-0,01	0,03	0,08	-0,03	0,01	-0,01	0,01	0,02	0,01	-0,02	-0,02	0,03	
38	-0,02	0,01	-0,02	0,01	0,01	0,15	0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	-0,01	0,14	0,01	0,02	0,02	-0,01	0,01	0,00	-0,01	0,13	0,01	-0,02	0,01	0,00	0,01	-0,03	0,13	0,01	
39	0,02	0,01	0,05	-0,04	0,02	0,01	0,24	0,02	-0,01	0,01	-0,02	0,00	-0,01	-0,05	0,00	0,01	-0,02	-0,06	-0,02	0,06	0,01	0,03	0,05	0,04	-0,01	0,01	-0,04	0,01	-0,03	-0,05	0,05	0,01	
40	0,02	0,03	0,05	0,01	0,00	0,00	0,02	0,06	-0,04	0,05	0,01	0,04	0,01	0,03	0,04	0,00	0,02	0,01	-0,02	-0,01	0,02	0,05	0,01	0,02	0,00	-0,01	0,00	0,04	0,00	0,01	-0,01	0,02	
41	0,08	-0,01	-0,01	0,02	0,07	-0,01	-0,01	-0,04	0,22	0,00	0,03	0,01	0,00	-0,07	-0,02	0,02	-0,06	0,04	0,06	0,02	-0,02	-0,02	0,07	-0,02	0,02	-0,02	0,03	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	
42	0,03	0,06	0,03	0,01	0,04	0,00	0,01	0,05	0,00	0,07	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	-0,03	0,03	-0,03	-0,03	0,02	0,07	0,03	-0,02	0,00	-0,01	0,02	0,05	-0,01	-0,02	-0,03	0,03	
43	0,00	0,02	-0,01	0,06	0,01	0,00	-0,02	0,01	0,03	0,03	0,06	-0,01	0,05	-0,01	-0,01	0,01	-0,03	0,04	0,02	-0,02	0,01	0,03	0,00	-0,01	0,04	-0,02	0,05	0,02	-0,01	-0,01	-0,02	0,00	
44	0,04	0,01	0,07	-0,06	-0,02	0,00	0,00	0,04	0,01	0,03	-0,01	0,12	-0,02	0,04	0,03	0,00	0,08	0,03	-0,03	-0,06	0,02	0,01	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,05	0,01	0,00	0,06	
45	-0,03	0,03	-0,02	0,05	0,01	0,01	-0,01	0,01	0,00	0,02	0,05	-0,02	0,05	-0,01	-0,01	0,01	-0,02	0,02	0,03	-0,01	0,01	0,02	-0,01	0,00	0,05	-0,01	0,04	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,01	
46	0,03	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	-0,05	0,03	-0,07	0,01	-0,01	0,04	-0,01	0,29	0,10	0,00	0,14	-0,06	0,02	-0,09	-0,08	0,01	-0,01	0,01	-0,02	-0,07	0,00	0,01	0,00	0,04	-0,02	0,01	
47	0,06	-0,01	0,04	0,06	0,02	-0,01	0,00	0,04	-0,02	0,01	-0,01	0,03	-0,01	0,10	0,11	-0,01	0,11	0,00	0,03	0,01	-0,02	0,01	0,03	0,03	-0,02	0,02	-0,01	0,01	0,05	-0,01	-0,01	-0,01	
48	0,00	0,02	-0,02	0,01	0,02	0,14	0,01	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	-0,01	0,15	-0,02	0,03	0,00	-0,03	0,00	0,01	0,00	0,12	0,01	-0,02	0,02	0,01	0,01	-0,04	0,12	0,01	
49	0,03	-0,02	0,03	0,03	-0,01	0,01	-0,02	0,02	-0,06	-0,03	-0,03	0,08	-0,02	0,14	0,11	-0,02	0,21	-0,01	0,05	-0,01	-0,01	-0,03	-0,02	0,02	-0,01	0,03	0,01	-0,01	0,09	0,00	0,00	0,02	
50	0,03	0,00	0,03	0,02	0,00	0,02	-0,06	0,01	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	-0,06	0,00	0,03	-0,01	0,19	0,00	-0,03	0,02	0,03	0,00	0,01	0,01	0,15	0,03	0,02	0,04	-0,05	-0,01	0,00	
51	0,00	0,00	-0,05	0,08	0,04	0,02	-0,02	-0,02	0,06	-0,03	0,02	-0,03	0,03	0,02	0,03	0,00	0,05	0,00	0,10	0,04	-0,01	-0,04	0,02	0,00	0,04	0,00	0,04	-0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	
52	0,01	-0,01	-0,01	0,01	0,03	-0,01	0,06	-0,01	0,02	-0,03	-0,02	-0,06	-0,01	-0,09	0,01	-0,03	-0,01	-0,03	0,04	0,27	0,16	-0,02	0,06	0,02	0,00	0,04	-0,04	-0,02	0,14	0,01	0,04	-0,02	
53	-0,03	0,03	-0,01	-0,02	-0,01	0,01	0,01	0,02	-0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	-0,08	-0,02	0,00	-0,01	0,02	-0,01	0,16	0,21	0,01	-0,03	-0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,17	0,00	-0,01	0,03
54	0,03	0,05	0,04	0,01	0,03	0,00	0,03	0,05	-0,02	0,07	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	-0,03	0,03	-0,04	-0,02	0,01	0,08	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	-0,03	-0,03	-0,02	0,01	
55	0,08	0,02	0,03	0,03	0,08	-0,01	0,05	0,01	0,07	0,03	0,00	-0,02	-0,01	-0,01	0,03	0,00	-0,02	0,00	0,02	0,06	-0,03	0,04	0,10	0,01	-0,01	0,00	-0,03	0,02	-0,02	-0,02	0,01	0,00	
56	0,01	-0,03	0,04	0,00	-0,03	0,13	0,04	0,02	-0,02	-0,02	-0,01	0,00	0,00	0,01	0,03	0,12	0,02	0,01	0,00	0,02	-0,01	0,00	0,01	0,17	-0,01	-0,02	-0,02	-0,01	-0,02	-0,02	0,16	-0,02	
57	-0,03	0,03	-0,02	0,02	0,01	0,01	-0,01	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,05	-0,02	-0,02	0,01	-0,01	0,01	0,04	0,00	0,02	0,00	-0,01	-0,01	0,05	-0,02	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	
58	0,01	-0,02	0,02	-0,01	-0,01	-0,02	0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02	0,00	-0,01	-0,07	0,02	-0,02	0,03	0,15	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	-0,02	-0,02	0,56	-0,02	-0,01	0,05	-0,04	-0,01	-0,01	
59	-0,02	0,03	-0,03	0,04	0,01	0,01	-0,04	0,00	0,03	0,02	0,05	0,02	0,04	0,00	-0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	-0,04	0,02	0,00	-0,03	-0,02	0,05	-0,02	0,07	0,02	0,02	0,00	-0,02	0,03	
60	0,03	0,05	0,03	-0,01	0,02	0,00	0,01	0,04	0,01	0,05	0,02	0,05	0,00	0,01	0,01	0,01	-0,01	0,02	-0,03	-0,02	0,02	0,05	0,02	-0,01	0,00	-0,01	0,02	0,05	0,00	0,00	-0,01	0,04	
61	0,02	-0,01	-0,02	0,03	0,01	0,01	-0,03	0,00	0,02	-0,01	-0,01	0,05	-0,02	0,00	0,05	0,01	0,09	0,04	0,03	0,14	0,17	-0,03	-0,02	-0,02	0,00	0,05	0,02	0,00	0,25	-0,04	-0,02	0,02	
62	-0,03	0,00	0,00	-0,03	-0,02	-0,03	-0,05	0,01	0,00	-0,02	-0,01	0,01	0,00	0,04	-0,01	-0,04	0,00	-0,05	0,01	0,01	0,00	-0,03	-0,02	-0,02	0,02	-0,04	0,00	0,00	-0,04	0,24	0,00	0,02	
63	0,00	-0,02	0,03	-0,04	-0,02	0,13	0,05	-0,01	0,01	-0,03	-0,02	0,00	-0,01	-0,02	-0,01	0,12	0,00	-0,01	0,01	0,04	-0,01	-0,02	0,01	0,16	0,00	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02	0,00	0,17	0,00	
64	0,00	0,05	0,01	-0,05	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,00	0,06	0,01	0,01	-0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	-0,02	0,03	0,01	0,00	-0,02	0,02	-0,01	0,03	0,04	0,02	0,02	0,00	0,08	

	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	
65	-0,02	0,00	0,02	0,05	-0,02	-0,04	0,01	0,03	-0,05	0,01	0,03	-0,01	0,04	-0,02	0,03	-0,05	0,02	-0,06	0,01	0,02	0,02	0,02	-0,01	-0,01	0,02	-0,07	0,02	0,00	0,00	0,13	-0,05	-0,02	
66	-0,01	-0,02	-0,01	0,02	-0,02	0,05	-0,06	-0,01	0,00	-0,02	0,01	-0,01	0,02	-0,03	0,00	0,05	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	-0,02	-0,01	0,06	0,02	-0,04	0,01	-0,02	0,02	0,00	0,05	-0,02	
67	0,03	0,01	0,00	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	-0,01	-0,02	0,02	-0,01	0,06	0,07	-0,01	0,10	-0,03	0,05	0,04	-0,01	-0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,02	0,01	0,02	
68	-0,05	0,04	-0,07	0,00	0,03	0,01	0,11	-0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	-0,04	-0,04	0,02	-0,01	-0,03	0,02	-0,01	0,03	-0,01	-0,03	-0,06	0,03	0,00	0,04	0,00	0,04	-0,05	-0,03	0,04	
69	0,04	0,02	0,09	-0,07	0,01	-0,01	0,06	0,03	0,02	0,03	-0,01	0,05	0,00	-0,02	-0,01	0,00	-0,02	0,02	-0,04	0,00	0,00	0,05	0,04	0,01	0,00	0,01	-0,02	0,03	-0,04	0,00	0,03	0,04	
70	0,08	0,00	0,02	0,10	0,05	-0,01	0,01	0,05	0,00	0,04	0,02	-0,01	-0,01	0,07	0,10	-0,01	0,04	0,00	0,02	0,03	-0,03	0,04	0,07	0,02	-0,03	0,00	-0,02	0,03	0,02	-0,03	-0,02	-0,03	
71	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	-0,01	0,00	-0,01	-0,05	0,00	-0,02	-0,02	0,00	0,00	-0,03	0,01	-0,06	0,01	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,01	
72	0,05	0,01	0,08	0,00	-0,01	-0,02	0,04	0,06	-0,03	0,04	0,01	0,02	0,00	0,01	0,04	-0,02	0,00	0,00	-0,04	0,02	0,00	0,06	0,04	0,03	-0,02	0,00	-0,02	0,04	-0,03	0,01	0,01	0,00	
73	-0,01	0,00	0,01	-0,05	-0,01	-0,02	-0,09	0,01	0,01	-0,02	-0,02	0,01	-0,02	-0,03	-0,01	-0,03	0,00	0,07	0,00	0,04	0,02	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,11	-0,01	0,00	-0,01	0,22	0,02	0,02	
74	-0,02	0,01	0,00	0,01	-0,01	-0,03	-0,03	0,01	-0,02	0,01	0,02	-0,01	0,02	0,00	-0,01	-0,03	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	-0,01	-0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	-0,01	0,03	-0,03	0,00	
75	0,00	0,02	-0,01	0,07	0,01	0,00	-0,02	0,02	0,02	0,03	0,06	-0,01	0,04	-0,01	0,01	0,00	-0,03	0,03	0,02	-0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,03	-0,02	0,04	0,02	-0,01	0,00	-0,02	-0,01	
76	-0,02	0,04	0,02	-0,04	0,00	0,01	0,01	0,03	-0,04	0,01	-0,01	0,06	0,01	0,04	0,02	0,00	0,08	-0,02	0,01	-0,01	0,03	0,00	-0,03	0,00	0,03	0,00	0,02	0,03	0,03	0,04	0,01	0,07	
77	0,00	-0,01	0,02	-0,03	-0,02	0,10	0,00	0,00	-0,04	0,00	-0,03	0,00	-0,02	0,02	0,01	0,09	0,01	0,00	-0,03	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,11	-0,03	0,00	-0,03	0,00	-0,01	-0,01	0,11	-0,01	
78	0,06	-0,06	0,03	0,05	-0,02	0,00	-0,02	-0,01	0,06	-0,04	0,01	0,03	0,00	0,05	0,07	-0,01	0,11	0,03	0,07	0,00	-0,04	-0,04	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	-0,02	0,05	-0,01	0,02	-0,02	
79	0,01	0,02	0,06	0,02	-0,01	-0,01	0,03	0,06	-0,08	0,04	0,01	0,02	0,01	0,05	0,05	-0,02	0,04	0,00	-0,02	0,01	0,01	0,05	0,01	0,03	0,00	0,01	-0,01	0,03	-0,02	0,00	0,00	0,01	
80	-0,03	0,02	-0,01	0,00	-0,01	0,01	-0,03	0,00	0,02	0,00	0,03	-0,01	0,03	0,12	-0,03	0,00	-0,03	-0,07	0,02	-0,05	-0,05	-0,01	-0,01	0,00	0,04	-0,12	0,03	0,01	-0,09	0,10	0,02	0,02	
81	-0,04	0,04	-0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	-0,03	0,03	0,02	0,01	0,02	-0,07	-0,02	0,01	-0,01	0,03	-0,01	0,15	0,21	0,01	-0,03	-0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,17	-0,01	-0,02	0,03	
82	-0,05	0,02	-0,01	-0,02	0,00	0,02	0,01	-0,02	0,03	-0,02	0,01	0,00	0,04	-0,04	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,02	-0,02	-0,01	0,00	0,06	-0,01	0,04	-0,01	-0,02	0,04	0,03	0,04	
83	0,01	-0,02	0,02	-0,01	-0,02	0,03	0,11	-0,01	0,01	-0,02	0,00	0,01	0,00	0,06	0,00	0,03	0,01	0,02	0,00	-0,02	-0,04	-0,01	-0,01	0,05	0,00	0,06	-0,01	-0,01	-0,03	-0,01	0,05	-0,01	
84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	0,00
85	0,01	0,02	-0,02	0,03	0,03	0,14	0,00	0,00	0,02	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,15	-0,02	0,04	0,00	-0,03	0,00	0,02	0,00	0,12	0,00	-0,02	0,02	0,01	0,01	-0,05	0,11	0,00	
86	-0,03	0,01	-0,01	0,01	-0,01	0,02	-0,08	0,01	-0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,10	0,00	0,01	0,00	0,05	0,01	-0,03	-0,03	-0,01	-0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	-0,05	0,08	0,02	0,01	
87	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	-0,01	-0,03	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	-0,03	0,01	0,00	0,01	0,05	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,08	-0,01	-0,01	0,01	0,00	0,02	-0,01	
88	0,01	0,03	0,05	-0,01	0,00	0,00	0,02	0,05	-0,05	0,03	0,00	0,04	0,01	0,03	0,03	-0,01	0,04	0,00	-0,02	0,00	0,02	0,04	0,01	0,02	0,00	-0,01	0,00	0,03	-0,01	0,02	0,01	0,03	
89	0,01	0,03	-0,03	0,04	0,08	0,00	-0,03	-0,04	0,03	0,02	0,00	-0,08	0,04	0,04	-0,04	0,02	-0,06	0,03	0,03	-0,03	-0,06	0,04	0,07	-0,04	0,00	0,01	-0,01	-0,03	-0,07	0,09	-0,04	-0,02	
90	0,02	-0,03	-0,06	0,07	0,01	0,00	-0,08	-0,03	0,10	-0,02	0,04	-0,02	0,00	0,07	0,00	0,01	-0,03	-0,01	0,04	0,10	0,09	-0,04	0,00	-0,02	0,01	-0,07	0,03	-0,01	0,14	0,03	-0,02	-0,03	
91	-0,03	-0,01	0,02	0,00	-0,03	0,00	0,01	0,00	-0,01	-0,03	0,01	0,00	0,04	-0,01	0,00	-0,01	0,03	0,00	0,04	0,02	0,01	-0,01	-0,02	0,03	0,04	0,00	0,02	-0,01	-0,02	0,03	0,03	0,01	
92	-0,03	0,02	-0,05	0,04	0,02	0,05	0,09	-0,01	-0,01	0,01	0,02	-0,04	0,02	0,06	-0,01	0,04	-0,03	0,01	0,02	-0,02	-0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,04	0,01	0,00	-0,04	-0,01	0,03	-0,01	
93	-0,02	0,07	0,00	0,02	0,04	0,01	0,02	0,04	-0,04	0,05	0,02	0,00	0,03	0,02	0,00	0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,03	0,05	0,02	-0,01	0,02	-0,01	0,02	0,04	-0,02	0,01	-0,01	0,04	
94	0,07	-0,04	0,01	0,10	0,02	-0,01	-0,02	0,00	0,07	0,00	0,04	-0,01	0,01	0,03	0,07	0,00	0,03	0,04	0,06	0,01	-0,04	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,02	-0,01	0,03	-0,03	-0,01	-0,05	
95	0,03	0,06	0,02	0,02	0,04	0,00	0,01	0,05	-0,01	0,08	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	-0,02	0,03	-0,03	-0,04	0,02	0,07	0,02	-0,02	0,00	-0,01	0,02	0,05	-0,01	-0,03	-0,03	0,03	

Zdroj: autor

	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
1	-0,02	-0,01	-0,05	-0,02	0,09	-0,04	0,01	-0,02	-0,09	-0,02	-0,07	-0,04	0,03	0,01	0,00	0,01	0,05	0,01	0,04	0,00	0,01	-0,02	-0,01	-0,01	0,31	0,08	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,02
2	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,05	0,01	0,01	0,04	-0,01	0,00	0,01	0,03	0,00	-0,02	0,03	0,00	0,02	-0,01	-0,01	0,00	0,01	0,00	-0,01	0,03	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	0,03	-0,01	0,05
3	0,00	0,00	0,06	0,01	0,04	0,01	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	-0,05	0,04	0,00	0,03	0,01	-0,02	-0,03	0,05	-0,01	0,00	-0,02	-0,02	0,01	0,02	0,11	-0,07	0,04	-0,02	0,02	-0,01	-0,01
4	-0,08	-0,04	0,03	-0,04	0,08	0,04	0,00	0,05	0,07	-0,02	0,00	-0,05	-0,01	0,00	-0,04	0,03	-0,04	0,01	0,01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,05	-0,03	-0,01	-0,01	0,04	0,00	
5	0,06	0,02	0,01	-0,03	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,02	0,04	0,01	-0,01	0,03	0,04	0,04	0,00	0,04	0,01	-0,01	-0,01	0,03	0,01	0,02	-0,03	-0,01	0,06	0,01	0,01	0,03	-0,01
6	-0,05	0,01	-0,02	-0,01	0,01	0,00	-0,05	-0,01	0,07	0,01	0,03	-0,01	0,00	0,02	0,00	-0,07	0,04	0,01	0,02	0,00	0,04	0,05	0,05	0,00	0,05	-0,02	0,00	0,02	0,01	0,03	0,04
7	0,00	0,00	0,04	0,15	-0,01	0,04	-0,01	0,00	0,03	0,20	0,00	-0,02	0,18	0,07	-0,01	-0,01	-0,04	-0,01	-0,02	0,01	-0,04	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,04	0,00	-0,04	-0,03	0,06	-0,03
8	-0,02	-0,02	0,02	0,03	0,05	-0,03	0,01	0,00	0,02	0,00	-0,02	0,07	-0,01	-0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	-0,01	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,03	-0,03	-0,03	0,01	-0,02	0,03	-0,04	0,02
9	-0,03	-0,02	0,02	0,03	0,06	-0,05	0,01	0,00	0,03	0,00	-0,03	0,07	0,00	-0,02	0,00	0,02	0,02	0,06	-0,01	0,00	-0,01	0,01	-0,01	0,03	-0,01	-0,05	0,02	-0,02	0,03	-0,06	0,01
10	0,00	0,00	0,06	0,01	0,01	0,06	-0,01	0,01	-0,02	-0,01	-0,01	0,02	0,00	0,02	0,02	-0,02	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,02	0,06	-0,02	0,00	0,00	0,03	0,03	0,02
11	-0,01	0,04	0,00	-0,05	-0,01	0,00	0,03	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	-0,03	-0,01	0,07	-0,02	-0,01	-0,06	0,00	0,08	0,03	-0,03	-0,01	0,00	0,05	-0,02	-0,05	0,01	-0,02	0,01
12	0,03	0,02	-0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,02	0,01	0,04	0,01	-0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	-0,01	0,01	0,00	0,02	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02
13	-0,05	-0,01	0,09	0,06	-0,01	-0,01	0,00	-0,05	0,03	-0,01	-0,03	0,08	-0,02	0,02	-0,03	0,01	0,01	0,05	-0,02	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	-0,01	-0,01
14	0,04	0,02	-0,01	-0,03	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00	0,01	0,04	0,00	-0,01	0,04	0,02	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	-0,02	0,01	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00
15	0,03	0,02	0,00	-0,03	0,02	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,03	0,00	-0,01	0,04	0,02	0,03	-0,01	0,04	0,02	0,00	-0,02	0,02	0,00	0,02	-0,02	0,00	0,06	0,00	0,00	0,03	-0,01
16	0,02	0,01	-0,01	0,00	0,02	-0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,04	0,00	-0,02	0,01	0,00	0,04	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,04	0,01	0,01	0,02	0,01
17	-0,01	0,00	0,08	0,03	-0,01	0,03	-0,01	-0,02	0,02	0,00	-0,02	0,06	-0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04	-0,02	0,00	-0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	-0,02	0,01	0,01	0,04	0,00	-0,01
18	0,03	0,02	0,01	-0,02	0,04	-0,04	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,02	-0,01	0,04	0,01	0,04	-0,01	0,09	0,02	0,00	-0,04	0,02	0,01	0,02	0,00	-0,03	0,09	-0,01	0,00	0,00	-0,04
19	-0,01	0,02	-0,03	-0,02	0,08	-0,07	0,02	-0,01	-0,02	-0,02	-0,01	0,01	-0,01	0,12	-0,03	-0,02	-0,03	0,04	0,03	0,01	-0,01	-0,03	-0,03	0,00	-0,01	0,01	0,04	-0,07	-0,07	0,04	-0,01
20	0,10	-0,06	-0,02	0,11	-0,01	-0,03	0,05	-0,03	0,05	-0,04	-0,01	0,01	-0,03	0,06	-0,04	-0,01	-0,01	-0,04	0,10	-0,01	0,02	-0,05	-0,04	-0,02	0,03	0,08	-0,05	0,05	-0,06	0,02	0,01
21	0,09	-0,04	0,01	0,02	-0,03	0,04	-0,08	0,02	0,20	-0,02	0,01	-0,01	0,00	-0,02	0,02	-0,04	0,03	-0,03	0,10	0,05	0,01	0,04	0,03	0,01	0,09	-0,02	-0,01	0,12	0,01	0,00	0,00
22	0,09	-0,02	0,00	0,06	0,00	0,01	0,04	0,01	-0,09	0,00	0,02	0,00	-0,07	0,01	0,01	0,04	-0,02	0,01	0,01	0,03	-0,05	-0,06	-0,07	-0,01	-0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00
23	0,05	0,01	-0,02	-0,01	-0,02	0,05	0,01	0,03	-0,03	0,02	0,08	-0,03	-0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	-0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,01	-0,01	0,05	0,00	0,02	0,02	0,06	0,05
24	0,02	-0,02	0,00	0,02	0,01	0,05	0,01	0,04	-0,03	0,02	0,04	0,02	-0,01	-0,05	0,04	0,00	0,04	-0,03	-0,02	0,00	0,03	0,01	0,00	0,03	0,02	-0,01	-0,03	0,02	0,07	-0,01	0,08
25	-0,01	0,00	-0,03	0,03	0,03	-0,04	0,02	-0,02	-0,01	0,00	0,03	0,00	-0,03	0,00	-0,03	0,03	0,01	0,05	0,00	0,00	0,02	0,01	-0,02	-0,01	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02
26	-0,05	0,42	0,00	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	-0,01	0,01	-0,04	-0,03	0,00	0,03	-0,01	-0,02	0,07	-0,02	-0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	-0,02	0,08	0,01	-0,02	0,02
27	0,03	0,00	-0,02	0,14	0,02	0,01	0,00	0,04	0,02	0,22	0,02	-0,01	0,19	0,00	0,03	0,01	-0,01	-0,01	-0,02	0,00	-0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	-0,01	0,01	-0,03	0,00	0,01	0,01
28	0,20	0,08	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,03	0,01	0,05	-0,02	0,00	0,00	0,07	-0,01	0,00	-0,04	0,02	-0,02	-0,07	-0,02	0,09	-0,10	-0,02	0,01	0,08	-0,01	-0,02	-0,07	0,00	0,00	0,00
29	-0,01	-0,03	-0,02	-0,06	0,02	0,00	0,02	0,06	0,04	0,02	0,01	0,01	0,03	-0,03	0,04	0,12	0,11	-0,02	0,05	-0,01	-0,02	0,08	-0,01	0,03	-0,07	0,17	0,01	0,03	0,01	-0,03	0,00
30	0,04	0,02	0,00	-0,04	0,03	-0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	-0,01	0,04	0,03	0,03	-0,01	0,05	0,02	-0,01	-0,02	0,01	0,01	0,02	-0,01	-0,02	0,07	-0,01	-0,01	0,02	-0,02
31	0,01	0,02	0,00	0,06	0,01	-0,06	0,01	-0,05	-0,01	0,01	0,01	0,04	-0,03	0,01	-0,01	0,03	0,02	0,08	-0,01	0,00	0,01	0,02	-0,01	0,00	0,06	-0,01	0,05	0,01	0,03	-0,02	0,00
32	0,05	-0,02	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,01	-0,10	-0,03	0,02	-0,01	-0,03	0,03	0,02	-0,02	0,00	0,04	0,11	0,02	0,01	-0,06	-0,02	0,01	-0,04	-0,03	0,05	0,10	0,00	0,03	-0,02

	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
33	-0,02	-0,01	0,03	-0,05	0,04	0,08	0,00	0,05	-0,01	-0,02	0,00	-0,02	0,00	0,06	0,01	-0,03	-0,04	-0,05	0,01	0,00	0,01	-0,03	0,00	0,01	0,01	0,02	-0,03	-0,03	-0,02	0,07	0,03
34	0,00	-0,02	0,01	0,04	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,04	-0,01	-0,06	0,02	0,02	0,04	0,02	-0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	0,03	0,03	-0,03	-0,01	0,02	0,07	-0,04	0,06
35	0,02	-0,01	0,00	-0,07	0,09	0,02	0,00	0,08	0,01	0,00	-0,01	0,02	0,02	0,03	0,06	-0,01	-0,02	-0,01	0,02	0,00	-0,02	-0,01	0,00	0,05	-0,03	-0,06	0,02	-0,05	0,00	0,01	0,02
36	0,05	0,02	0,04	0,00	-0,07	0,10	0,00	0,00	-0,05	0,01	0,07	-0,04	-0,03	0,05	0,02	0,00	0,00	-0,02	-0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	-0,01	0,04	0,07	0,00	0,04	0,02	0,10	0,02
37	-0,02	-0,02	0,04	0,03	0,01	0,05	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	0,01	0,00	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,03	-0,01	0,00	0,00	0,08	0,01	-0,03	0,02	0,04	0,02	0,04
38	-0,04	0,05	0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,00	-0,02	-0,02	-0,03	0,00	0,01	0,10	0,00	-0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	-0,01	0,14	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	-0,01	0,00
39	0,01	-0,06	0,01	0,11	0,06	0,01	0,02	0,04	-0,09	-0,03	-0,02	0,01	0,00	-0,02	0,03	-0,03	0,00	0,01	0,11	-0,02	0,00	-0,08	0,00	0,02	-0,03	-0,08	0,01	0,09	0,02	-0,02	0,01
40	0,03	-0,01	0,01	-0,04	0,03	0,05	-0,02	0,06	0,01	0,01	0,02	0,03	0,00	-0,01	0,06	0,00	0,02	-0,02	-0,01	0,03	0,00	0,01	-0,01	0,05	-0,04	-0,03	0,00	-0,01	0,04	0,00	0,05
41	-0,05	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02	-0,03	0,01	-0,02	0,02	-0,04	-0,04	0,06	-0,08	0,02	-0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	-0,01	-0,03	-0,05	0,03	0,10	-0,01	-0,01	-0,04	0,07	-0,01
42	0,01	-0,02	-0,01	0,01	0,03	0,04	0,01	0,04	-0,02	0,01	0,03	0,01	0,00	-0,04	0,04	0,00	0,03	-0,02	-0,02	0,00	0,03	0,00	-0,01	0,03	0,02	-0,02	-0,03	0,01	0,05	0,00	0,08
43	0,03	0,01	-0,02	0,01	-0,01	0,02	0,01	0,01	-0,02	0,02	0,06	-0,01	-0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	-0,01	0,00	0,00	0,04	0,01	0,02	0,02	0,04	0,03
44	-0,01	-0,01	0,02	0,00	0,05	-0,01	0,01	0,02	0,01	-0,01	-0,01	0,06	0,00	0,03	0,02	-0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,04	-0,08	-0,02	0,00	-0,04	0,00	-0,01	0,03
45	0,04	0,02	-0,01	0,02	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,02	0,02	0,04	0,01	-0,02	0,00	0,01	0,03	0,02	0,04	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,04	0,00	0,04	0,02	0,03	0,01	0,02
46	-0,02	-0,03	0,06	-0,04	-0,02	0,07	0,02	0,01	-0,03	0,00	-0,01	0,04	0,02	0,05	0,05	0,12	-0,07	-0,04	0,06	0,01	0,01	0,10	-0,03	0,03	0,04	0,07	-0,01	0,06	0,02	0,03	0,02
47	0,03	0,00	0,07	-0,04	-0,01	0,10	-0,01	0,04	-0,01	-0,01	0,01	0,02	0,01	0,07	0,05	-0,03	-0,02	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	-0,04	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,07	0,01
48	-0,05	0,05	-0,01	0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,02	-0,03	-0,03	0,00	0,00	0,09	-0,01	-0,02	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,15	0,01	0,00	-0,01	0,02	0,01	-0,01	0,04	0,01	0,00	0,02
49	0,02	0,01	0,10	-0,01	-0,02	0,04	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,03	0,08	0,01	0,11	0,04	-0,03	-0,01	0,00	0,01	0,00	-0,02	0,00	0,01	0,04	-0,06	-0,03	0,03	-0,03	-0,01	0,03	-0,02
50	-0,06	0,01	-0,03	-0,03	0,02	0,00	-0,05	0,00	0,07	0,00	0,03	-0,02	0,00	0,03	0,00	-0,07	0,03	0,00	0,02	0,00	0,04	0,05	0,05	0,00	0,03	-0,01	0,00	0,01	-0,01	0,04	0,03
51	0,01	0,02	0,05	0,02	-0,04	0,02	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,02	0,01	-0,03	0,07	-0,02	0,02	-0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	0,00	0,06	-0,03
52	0,02	0,01	0,04	-0,01	0,00	0,03	-0,02	0,02	0,04	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,01	-0,05	0,15	0,02	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	0,04	0,00	-0,03	0,10	0,02	-0,02	0,00	0,01	-0,04
53	0,02	0,01	-0,01	0,03	0,00	-0,03	-0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,03	-0,01	-0,04	0,01	-0,05	0,21	0,02	-0,04	0,02	0,00	-0,03	0,00	0,02	-0,06	0,09	0,01	-0,02	0,03	-0,04	0,02
54	0,02	-0,02	-0,01	-0,01	0,05	0,04	0,00	0,06	-0,03	0,01	0,03	0,00	0,00	-0,04	0,05	-0,01	0,01	-0,02	-0,01	0,00	0,02	-0,01	0,00	0,04	0,04	-0,04	-0,01	0,00	0,05	0,00	0,07
55	-0,01	-0,01	0,03	-0,03	0,04	0,07	0,00	0,04	0,00	-0,01	0,00	-0,03	0,00	0,01	0,01	-0,01	-0,03	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,01	0,07	0,00	-0,02	0,00	0,02	0,04	0,02
56	-0,01	0,06	0,01	-0,06	0,01	0,02	-0,03	0,03	0,00	-0,03	0,00	0,00	0,11	0,03	0,03	0,00	-0,01	0,00	0,05	0,03	0,12	0,02	0,01	0,02	-0,04	-0,02	0,03	0,02	-0,01	0,02	-0,02
57	0,02	0,02	0,00	0,03	0,00	-0,03	0,01	-0,02	0,00	0,02	0,03	0,03	-0,03	0,01	0,00	0,04	0,02	0,06	0,00	0,00	0,00	0,03	-0,01	0,00	0,00	0,01	0,04	0,02	0,02	0,00	0,00
58	-0,07	-0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,06	0,00	0,11	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	-0,12	0,02	-0,01	0,06	-0,02	-0,02	0,03	0,08	-0,01	0,01	-0,07	0,00	0,04	-0,01	0,00	-0,01
59	0,02	0,01	0,00	0,04	-0,02	-0,02	0,01	-0,02	-0,01	0,01	0,04	0,02	-0,03	0,02	-0,01	0,03	0,03	0,04	-0,01	0,00	0,02	0,02	-0,01	0,00	-0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
60	0,00	-0,02	0,01	0,00	0,03	0,03	0,01	0,04	0,00	0,01	0,02	0,03	0,00	-0,02	0,03	0,01	0,02	-0,01	-0,01	0,00	0,01	0,01	-0,01	0,03	-0,03	-0,01	-0,01	0,00	0,04	-0,01	0,05
61	0,00	0,02	0,04	0,04	-0,04	0,02	0,00	-0,03	-0,01	-0,01	-0,01	0,03	-0,01	0,05	-0,02	-0,09	0,17	-0,02	-0,03	-0,01	0,01	-0,05	0,01	-0,01	-0,07	0,14	-0,02	-0,04	-0,02	0,03	-0,01
62	0,13	0,00	0,02	-0,05	0,00	-0,03	0,00	0,01	0,22	0,03	0,00	0,04	-0,01	-0,01	0,00	0,10	-0,01	0,04	-0,01	-0,01	-0,05	0,08	0,00	0,02	0,09	0,03	0,03	-0,01	0,01	-0,03	-0,03
63	-0,05	0,05	0,01	-0,03	0,03	-0,02	-0,01	0,01	0,02	-0,03	-0,02	0,01	0,11	0,02	0,00	0,02	-0,02	0,03	0,05	-0,01	0,11	0,02	0,02	0,01	-0,04	-0,02	0,03	0,03	-0,01	-0,01	-0,03
64	-0,02	-0,02	0,02	0,04	0,04	-0,03	0,01	0,00	0,02	0,00	-0,01	0,07	-0,01	-0,02	0,01	0,02	0,03	0,04	-0,01	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,03	-0,02	-0,03	0,01	-0,01	0,04	-0,05	0,03

	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
65	0,31	0,05	0,00	-0,01	-0,01	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,00	-0,04	0,02	0,05	-0,03	0,03	0,00	-0,10	-0,02	-0,04	-0,10	-0,02	0,03	0,12	-0,04	0,04	-0,09	0,02	0,03	0,01
66	0,05	0,58	0,00	-0,05	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,01	-0,01	0,04	0,03	0,00	-0,03	0,01	0,02	-0,07	0,02	0,05	-0,03	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,02	-0,08	-0,01	0,02	-0,02
67	0,00	0,00	0,08	0,00	-0,01	0,05	-0,01	0,01	0,02	-0,01	-0,01	0,04	0,00	0,04	0,02	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,01	0,02	-0,03	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	-0,01
68	-0,01	-0,05	0,00	0,39	-0,02	-0,05	0,03	-0,06	-0,09	0,18	-0,01	0,03	0,15	-0,04	-0,04	-0,02	0,03	0,03	0,06	0,00	0,01	-0,06	-0,03	-0,03	0,01	-0,01	-0,01	0,10	0,02	-0,04	0,01
69	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	0,10	-0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	-0,02	0,02	0,01	-0,01	0,02	0,00	-0,01	0,03	0,00	0,00	-0,01	-0,02	0,00	0,03	0,06	-0,07	0,02	-0,03	0,02	-0,03	0,03
70	0,03	-0,01	0,05	-0,05	-0,02	0,14	-0,01	0,07	-0,02	0,00	0,04	-0,02	0,01	0,03	0,06	-0,02	-0,01	-0,07	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,02	0,03	-0,03	0,02	-0,03	0,01	0,03	0,08	0,04
71	0,03	-0,01	-0,01	0,03	0,00	-0,01	0,55	0,00	-0,06	0,00	0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,01	0,03	-0,02	0,01	-0,01	-0,01	0,00	-0,03	0,46	-0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
72	0,04	-0,01	0,01	-0,06	0,04	0,07	0,00	0,09	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	-0,01	0,07	0,01	0,00	-0,03	0,01	-0,01	-0,01	0,01	0,01	0,05	-0,06	-0,03	0,01	-0,01	0,03	0,02	0,04
73	0,04	-0,01	0,02	-0,09	0,00	-0,02	-0,06	0,01	0,34	0,03	-0,01	0,03	0,02	-0,01	0,00	0,03	0,01	0,02	0,01	-0,01	-0,04	0,13	0,07	0,01	0,08	0,00	0,02	0,00	0,00	-0,03	-0,03
74	0,03	0,00	-0,01	0,18	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,23	0,02	0,01	0,18	-0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	-0,03	0,00	-0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	-0,02	0,02	-0,01	0,01
75	0,04	0,01	-0,01	-0,01	-0,02	0,04	0,01	0,03	-0,01	0,02	0,07	-0,02	-0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,00	0,00	-0,01	0,02	0,03	0,00	0,01	-0,04	0,05	0,01	0,03	0,02	0,05	0,03
76	0,00	-0,01	0,04	0,03	0,02	-0,02	0,00	0,01	0,03	0,01	-0,02	0,09	0,00	0,00	0,03	0,02	0,03	0,04	-0,01	0,00	-0,01	0,02	0,00	0,04	-0,06	-0,05	0,03	-0,01	0,04	-0,04	0,01
77	-0,04	0,04	0,00	0,15	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,02	0,18	-0,02	0,00	0,31	-0,02	0,02	-0,01	-0,01	-0,03	0,01	0,00	0,10	0,02	0,02	0,00	-0,02	-0,02	-0,01	0,00	0,00	-0,02	0,00
78	0,02	0,03	0,04	-0,04	-0,01	0,03	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	0,01	0,00	-0,02	0,14	-0,01	-0,01	-0,04	0,01	0,02	0,00	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	-0,02	0,04	0,04	-0,03	-0,06	0,09	-0,04
79	0,05	0,00	0,02	-0,04	0,02	0,06	-0,01	0,07	0,00	0,02	0,02	0,03	0,02	-0,01	0,08	0,00	0,01	-0,02	0,00	-0,01	-0,01	0,01	0,02	0,06	-0,03	-0,05	0,02	0,00	0,05	0,00	0,04
80	-0,03	-0,03	0,00	-0,02	0,00	-0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	-0,01	-0,01	0,00	0,22	-0,05	0,05	0,07	0,01	0,00	0,14	-0,04	0,00	0,00	0,11	0,04	0,09	0,02	-0,01	-0,01
81	0,03	0,01	-0,01	0,03	-0,01	-0,01	-0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	-0,01	-0,04	0,01	-0,05	0,21	0,01	-0,04	0,02	0,01	-0,02	0,00	0,02	-0,06	0,10	0,00	-0,02	0,03	-0,03	0,03
82	0,00	0,02	0,01	0,03	0,03	-0,07	0,01	-0,03	0,02	0,01	0,00	0,04	-0,03	0,01	-0,02	0,05	0,01	0,11	0,00	0,00	-0,02	0,02	-0,01	0,00	0,03	-0,02	0,07	0,00	0,01	-0,02	-0,02
83	-0,10	-0,07	0,00	0,06	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,01	-0,03	0,00	-0,01	0,01	0,02	0,00	0,07	-0,04	0,00	0,21	-0,01	0,03	0,09	0,01	0,00	-0,04	0,05	0,01	0,19	-0,02	0,01	-0,02
84	-0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,02	0,00	-0,01	0,99	-0,01	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00
85	-0,04	0,05	-0,01	0,01	-0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,04	-0,03	0,02	-0,01	0,10	-0,01	-0,01	0,00	0,01	-0,02	0,03	-0,01	0,16	0,01	0,00	-0,01	0,01	0,02	-0,02	0,05	0,01	0,01	0,03
86	-0,10	-0,03	0,01	-0,06	-0,02	0,00	-0,03	0,01	0,13	0,03	0,03	0,02	0,02	-0,01	0,01	0,14	-0,02	0,02	0,09	0,00	0,01	0,20	0,03	0,01	-0,01	0,07	0,02	0,11	0,02	0,00	0,00
87	-0,02	-0,01	0,01	-0,03	0,00	0,02	0,46	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	-0,04	0,00	-0,01	0,01	0,02	0,00	0,03	0,52	-0,01	0,00	-0,03	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00
88	0,03	0,00	0,02	-0,03	0,03	0,03	-0,02	0,05	0,01	0,01	0,01	0,04	0,00	-0,01	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	-0,01	0,01	-0,01	0,05	-0,03	-0,05	0,02	-0,01	0,04	-0,01	0,03
89	0,12	0,00	-0,03	0,01	0,06	-0,03	0,00	-0,06	0,08	0,00	-0,04	-0,06	-0,02	-0,02	-0,03	0,00	-0,06	0,03	-0,04	0,00	0,01	-0,01	0,00	-0,03	0,52	-0,03	-0,01	-0,01	0,02	0,00	0,03
90	-0,04	-0,01	0,00	-0,01	-0,07	0,02	0,03	-0,03	0,00	0,00	0,05	-0,05	-0,02	0,04	-0,05	0,11	0,10	-0,02	0,05	0,00	0,02	0,07	-0,03	-0,05	-0,03	0,32	-0,02	0,06	-0,04	0,07	-0,02
91	0,04	0,02	0,01	-0,01	0,02	-0,03	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	-0,01	0,04	0,02	0,04	0,00	0,07	0,01	-0,01	-0,02	0,02	0,01	0,02	-0,01	-0,02	0,08	0,00	0,00	0,01	-0,03
92	-0,09	-0,08	0,00	0,10	-0,03	0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,02	0,03	-0,01	0,00	-0,03	0,00	0,09	-0,02	0,00	0,19	-0,01	0,05	0,11	0,02	-0,01	-0,01	0,06	0,00	0,23	0,02	0,00	0,01
93	0,02	-0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,00	0,03	0,00	0,02	0,02	0,04	0,00	-0,06	0,05	0,02	0,03	0,01	-0,02	-0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,02	-0,04	0,00	0,02	0,07	-0,03	0,05
94	0,03	0,02	0,03	-0,04	-0,03	0,08	0,00	0,02	-0,03	-0,01	0,05	-0,04	-0,02	0,09	0,00	-0,01	-0,03	-0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,07	0,01	0,00	-0,03	0,12	0,00
95	0,01	-0,02	-0,01	0,01	0,03	0,04	0,01	0,04	-0,03	0,01	0,03	0,01	0,00	-0,04	0,04	-0,01	0,03	-0,02	-0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,03	-0,02	-0,03	0,01	0,05	0,00	0,08

Zdroj: autor

## PŘÍLOHA H

Přehled sídelních jednotek  $m$ , které jsou prvky množiny  $U_{\zeta_{opt}}$

$m$	Sídelní jednotka	$m$	Sídelní jednotka	$m$	Sídelní jednotka
1	Adolfov	33	Libov	63	Roztoky
2	Arnultovice	34	Lipová	64	Rýdeč
3	Bláhov	35	Luční Chvojno	65	Ryjice
4	Blansko	36	Lužec	66	Řehlovice
5	Brozánky	37	Lysá	67	Řetouň
6	Břeží	38	Malé Březno	69	Slavošov
8	Čermná	39	Malé Chvojno	70	Sovolusky
9	Čeřeniště	40	Malečov	71	Stadice
10	Český Bukov	41	Mašovice	72	Stebno
11	Český Újezd	42	Milbohov	75	Suchá
12	Dolní Zálezly	43	Mírkov	76	Suletice
13	Doubřavice	44	Mnichov	78	Šachov
14	Dubice	45	Moravany	79	Tašov
15	Habrovany	46	Nakléřov	80	Telnice
16	Habří	47	Němčí	81	Tisá
17	Haslice	48	Neštědvice	82	Týniště
18	Homole u Panny	49	Nová Ves u Pláně	83	U Staré Pošty
19	Horní Zálezly	50	Nové Stadice	84	Ústí nad Labem
20	Hrbovice	52	Ostrov	86	Varvažov
21	Chabařovice	53	Petrovice	87	Velké Březno
22	Chlumec	54	Podlešín	88	Velké Chvojno
24	Chuderov	55	Pohoří	89	Vyklice
25	Chvalov	56	Povrly	90	Zadní Telnice
26	Knínice	57	Proboštov	91	Zubrnice
27	Kojetice	58	Přestanov	92	Žandov
28	Koštov	59	Radejčín	93	Žďár
29	Krásný Les	60	Radešín	95	Žežice
30	Leština	61	Rájec		
31	Lhota pod Pannou	62	Roudníky		

Zdroj: autor

V množině  $U_{\zeta_{opt}}$  tedy nejsou obsaženy sídelní jednotky:

$m$	Sídelní jednotka	$m$	Sídelní jednotka	$m$	Sídelní jednotka
7	Budov	68	Sebuzín	85	Valtířov
23	Chuderov	73	Stradov	94	Žďárek
32	Libouchec	74	Strážky		
51	Nový Libouchec	77	Svádov		

Zdroj: autor



## PŘÍLOHA I

Odhady počtu spojů  $\hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m$  v sídelních jednotkách  $m$  a chyby těchto odhadů vypočtených robustní regresí metodou LTS  $e_{LTS, \zeta_{opt}}^m$

V předložené tabulce je z důvodu přehlednosti upraven dolní index popisu proměnných  $\hat{y}_{LTS, \zeta_{opt}}^m$  a  $e_{LTS, \zeta_{opt}}^m$ . Přestože to v tabulce není uvedeno, jedno se o hodnoty vypočtené pro kombinaci vstupů  $i = \zeta_{opt}$ .

$m$ Sídelní jednotka	$\hat{y}_{LTS}^m$	$e_{LTS}^m$	$m$ Sídelní jednotka	$\hat{y}_{LTS}^m$	$e_{LTS}^m$	$m$ Sídelní jednotka	$\hat{y}_{LTS}^m$	$e_{LTS}^m$
1 Adolfov	3,5	-3,5	33 Libov	12,0	14,0	65 Ryjice	37,5	-9,5
2 Arnultovice	22,2	2,8	34 Lipová	21,7	4,3	66 Řehlovice	49,3	-5,3
3 Bláhov	8,0	1,0	35 Luční Chvojno	23,6	1,4	67 Řetouň	9,7	2,3
4 Blansko	6,8	-6,8	36 Lužec	10,4	-1,4	68 Sebužín	91,1	-23,1
5 Brozánky	19,3	10,7	37 Lysá	9,8	-5,8	69 Slavošov	19,1	-12,1
6 Břeží	22,3	3,7	38 Malé Březno	53,4	26,6	70 Sovolusky	13,0	13,0
7 Budov	46,3	-46,3	39 Malé Chvojno	41,2	14,8	71 Stadice	55,4	-15,4
8 Čermná	20,0	-12,0	40 Malečov	23,9	2,1	72 Stebno	24,4	-0,4
9 Čerěníš	18,4	-13,4	41 Mašovice	5,9	-5,9	73 Stradov	32,8	29,2
10 Český Bukov	10,7	-6,7	42 Milbohov	23,2	0,8	74 Strážky	61,3	47,7
11 Český Újezd	130,0	0,0	43 Mírkov	19,2	-10,2	75 Suchá	19,1	-5,1
12 Dolní Zálezly	31,0	15,0	44 Mnichov	21,6	3,4	76 Suletice	19,3	-5,3
13 Doubravice	7,6	1,4	45 Moravany	17,8	-17,8	77 Svádov	113,4	51,6
14 Dubice	23,6	-5,6	46 Nakléřov	7,9	-7,9	78 Šachov	7,8	-3,8
15 Habrovany	20,3	-2,3	47 Němčí	12,1	-12,1	79 Tašov	24,8	1,2
16 Habří	16,8	-13,8	48 Neštědice	60,4	-7,4	80 Telnice	17,3	11,7
17 Haslice	9,0	0,0	49 Nová Ves u Pláně	10,8	3,2	81 Tisá	34,1	3,9
18 Homole u Panny	16,6	3,4	50 Nové Stadice	22,1	-4,1	82 Týniště	14,3	-8,3
19 Horní Zálezly	18,7	1,3	51 Nový Libouchec	6,5	30,5	83 U Staré Pošty	36,7	-7,7
20 Hrbovice	51,6	4,4	52 Ostrov	5,6	-5,6	84 Ústí nad Labem	2498,7	-0,3
21 Chabařovice	97,1	-5,1	53 Petrovice	30,2	9,8	85 Valtířov	60,7	42,3
22 Chlumec	210,1	2,9	54 Podlešín	22,4	1,6	86 Varvažov	20,1	8,9
23 Chuderov	33,8	44,2	55 Pohoří	10,4	15,6	87 Velké Březno	87,3	15,7
24 Chuderovec	23,8	-15,8	56 Povrly	70,9	-13,9	88 Velké Chvojno	22,5	2,5
25 Chvalov	18,3	5,7	57 Proboštov	16,8	-4,8	89 Vyklice	16,2	7,8
26 Knínice	36,7	5,3	58 Přestanov	134,6	-2,6	90 Zadní Telnice	1,6	10,4
27 Kojetice	59,7	0,3	59 Radejčín	19,1	-1,1	91 Zubrnice	18,8	19,2
28 Koštov	67,0	9,0	60 Radešín	22,2	3,8	92 Žandov	40,8	-11,8
29 Krásný Les	15,0	-6,0	61 Rájec	9,0	-9,0	93 Žďár	21,0	4,0
30 Leština	18,4	19,6	62 Roudníky	30,9	-6,9	94 Žďárek	9,7	32,3
31 Lhota pod Pannou	17,1	2,9	63 Roztoky	44,9	-8,9	95 Žežice	23,4	-7,4
32 Libouchec	71,4	41,6	64 Rýdeč	20,2	17,8			

Zdroj: autor

# PŘÍLOHA J

Matice  $X^{opt}$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	0	0	0	0	0	0	0	1
2	70	0	0	0	1	0	0	0	0
3	20	0	0	0	1	0	0	0	1
4	3	0	0	0	1	0	0	0	1
5	122	0	0	0	1	0	0	0	0
6	99	1	0	0	1	0	0	0	0
7	11	0	1	0	1	0	0	0	1
8	78	0	0	0	1	0	0	0	0
9	65	0	0	0	1	0	0	0	0
10	31	0	0	0	1	0	0	0	1
11	73	2	0	1	0	0	1	1	0
12	545	0	0	0	1	0	0	0	0
13	8	0	0	0	1	0	0	0	1
14	261	0	0	0	1	0	0	0	0
15	183	0	0	0	1	0	0	0	0
16	46	0	0	0	1	0	0	0	0
17	34	0	0	0	1	0	0	0	1
18	119	0	0	0	1	0	0	0	0
19	67	0	0	0	1	0	0	0	0
20	97	1	0	1	0	1	0	0	0
21	2.294	2	0	1	0	1	0	0	0
22	3.711	1	0	1	0	1	1	0	0
23	569	0	0	0	1	0	0	0	0
24	86	0	0	0	1	0	0	0	0
25	97	0	0	0	1	0	0	0	0
26	48	0	0	0	0	1	0	0	0
27	133	0	1	0	1	0	0	0	0
28	367	1	0	1	1	0	0	1	0
29	101	0	0	0	0	0	0	0	0
30	121	0	0	0	1	0	0	0	0
31	83	0	0	0	1	0	0	0	0
32	1.575	0	0	0	1	1	0	0	0
33	30	0	0	0	1	0	0	0	1
34	96	0	0	0	1	0	0	0	0
35	147	0	0	0	1	0	0	0	0
36	32	0	0	0	1	0	0	0	1
37	8	0	0	0	1	0	0	0	1
38	373	1	0	0	1	0	0	1	0
39	106	0	0	0	1	1	0	0	0
40	325	0	0	0	1	0	0	0	0
41	9	0	0	0	1	0	0	0	1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	80	0	0	0	1	0	0	0	0
43	64	0	0	0	1	0	0	0	0
44	66	0	0	0	1	0	0	0	0
45	51	0	0	0	1	0	0	0	0
46	19	0	0	0	0	0	0	0	1
47	14	0	0	0	1	0	0	0	1
48	624	1	0	0	1	0	0	1	0
49	16	0	0	0	1	0	0	0	1
50	89	1	0	0	1	0	0	0	0
51	30	0	0	0	1	0	0	0	1
52	10	0	0	0	1	0	0	0	1
53	712	0	0	0	1	0	0	0	0
54	54	0	0	0	1	0	0	0	0
55	29	0	0	0	1	0	0	0	1
56	1.242	1	0	0	1	0	0	1	0
57	56	0	0	0	1	0	0	0	0
58	411	3	0	1	0	1	1	0	0
59	86	0	0	0	1	0	0	0	0
60	65	0	0	0	1	0	0	0	0
61	7	0	0	0	1	0	0	0	1
62	275	1	0	1	0	0	0	0	0
63	107	1	0	0	1	0	0	1	0
64	85	0	0	0	1	0	0	0	0
65	270	0	0	1	1	0	0	0	0
66	437	0	0	0	1	0	0	1	0
67	23	0	0	0	1	0	0	0	1
68	628	0	1	0	1	1	0	0	0
69	39	0	0	0	1	0	0	0	0
70	15	0	0	0	1	0	0	0	1
71	178	0	0	0	1	0	0	1	0
72	139	0	0	0	1	0	0	0	0
73	293	2	0	1	0	0	0	0	0
74	215	0	1	0	1	0	0	0	0
75	44	0	0	0	1	0	0	0	0
76	49	0	0	0	1	0	0	0	0
77	1.175	1	1	0	1	0	0	1	0
78	17	0	0	0	1	0	0	0	1
79	156	0	0	0	1	0	0	0	0
80	273	0	0	0	0	0	0	0	0
81	842	0	0	0	1	0	0	0	0
82	47	0	0	0	1	0	0	0	0
83	121	1	0	0	0	1	0	0	0
84	95.988	1	1	0	1	1	1	1	0
85	600	1	0	0	1	0	0	1	0
86	290	1	0	0	0	0	0	0	0

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>87</b>	1.569	1	0	0	1	0	0	1	0
<b>88</b>	294	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>89</b>	9	1	0	1	0	0	0	0	1
<b>90</b>	5	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>91</b>	162	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>92</b>	269	1	0	0	0	1	0	0	0
<b>93</b>	55	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>94</b>	22	0	0	0	1	0	0	0	1
<b>95</b>	83	0	0	0	1	0	0	0	0

Zdroj: autor

# PŘÍLOHA K

Maticе  $X_{LTS}^{opt}$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	0	0	0	0	0	0	0	1
2	70	0	0	0	1	0	0	0	0
3	20	0	0	0	1	0	0	0	1
4	3	0	0	0	1	0	0	0	1
5	122	0	0	0	1	0	0	0	0
6	99	1	0	0	1	0	0	0	0
7	78	0	0	0	1	0	0	0	0
8	65	0	0	0	1	0	0	0	0
9	31	0	0	0	1	0	0	0	1
10	73	2	0	1	0	0	1	1	0
11	545	0	0	0	1	0	0	0	0
12	8	0	0	0	1	0	0	0	1
13	261	0	0	0	1	0	0	0	0
14	183	0	0	0	1	0	0	0	0
15	46	0	0	0	1	0	0	0	0
16	34	0	0	0	1	0	0	0	1
17	119	0	0	0	1	0	0	0	0
18	67	0	0	0	1	0	0	0	0
19	97	1	0	1	0	1	0	0	0
20	2.294	2	0	1	0	1	0	0	0
21	3.711	1	0	1	0	1	1	0	0
22	86	0	0	0	1	0	0	0	0
23	97	0	0	0	1	0	0	0	0
24	48	0	0	0	0	1	0	0	0
25	133	0	1	0	1	0	0	0	0
26	367	1	0	1	1	0	0	1	0
27	101	0	0	0	0	0	0	0	0
28	121	0	0	0	1	0	0	0	0
29	83	0	0	0	1	0	0	0	0
30	30	0	0	0	1	0	0	0	1
31	96	0	0	0	1	0	0	0	0
32	147	0	0	0	1	0	0	0	0
33	32	0	0	0	1	0	0	0	1
34	8	0	0	0	1	0	0	0	1
35	373	1	0	0	1	0	0	1	0
36	106	0	0	0	1	1	0	0	0
37	325	0	0	0	1	0	0	0	0
38	9	0	0	0	1	0	0	0	1
39	80	0	0	0	1	0	0	0	0
40	64	0	0	0	1	0	0	0	0
41	66	0	0	0	1	0	0	0	0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	51	0	0	0	1	0	0	0	0
43	19	0	0	0	0	0	0	0	1
44	14	0	0	0	1	0	0	0	1
45	624	1	0	0	1	0	0	1	0
46	16	0	0	0	1	0	0	0	1
47	89	1	0	0	1	0	0	0	0
48	10	0	0	0	1	0	0	0	1
49	712	0	0	0	1	0	0	0	0
50	54	0	0	0	1	0	0	0	0
51	29	0	0	0	1	0	0	0	1
52	1.242	1	0	0	1	0	0	1	0
53	56	0	0	0	1	0	0	0	0
54	411	3	0	1	0	1	1	0	0
55	86	0	0	0	1	0	0	0	0
56	65	0	0	0	1	0	0	0	0
57	7	0	0	0	1	0	0	0	1
58	275	1	0	1	0	0	0	0	0
59	107	1	0	0	1	0	0	1	0
60	85	0	0	0	1	0	0	0	0
61	270	0	0	1	1	0	0	0	0
62	437	0	0	0	1	0	0	1	0
63	23	0	0	0	1	0	0	0	1
64	39	0	0	0	1	0	0	0	0
65	15	0	0	0	1	0	0	0	1
66	178	0	0	0	1	0	0	1	0
67	139	0	0	0	1	0	0	0	0
68	44	0	0	0	1	0	0	0	0
69	49	0	0	0	1	0	0	0	0
70	17	0	0	0	1	0	0	0	1
71	156	0	0	0	1	0	0	0	0
72	273	0	0	0	0	0	0	0	0
73	842	0	0	0	1	0	0	0	0
74	47	0	0	0	1	0	0	0	0
75	121	1	0	0	0	1	0	0	0
76	95.988	1	1	0	1	1	1	1	0
77	290	1	0	0	0	0	0	0	0
78	1.569	1	0	0	1	0	0	1	0
79	294	0	0	0	1	0	0	0	0
80	9	1	0	1	0	0	0	0	1
81	5	0	0	0	0	0	0	0	1
82	162	0	0	0	1	0	0	0	0
83	269	1	0	0	0	1	0	0	0
84	55	0	0	0	1	0	0	0	0
85	83	0	0	0	1	0	0	0	0

Zdroj: autor

## PŘÍLOHA L

Přehled výsledných odhadů  $\hat{y}_{HR}^m$  pro všechny sídelní jednotky  $m$  zahrnuté v modelu včetně chyb  $e_{HR}^m$  jejich odhadů

$m$ Sídelní jednotka	$\hat{y}_{HR}^m$	$e_{HR}^m$	$m$ Sídelní jednotka	$\hat{y}_{HR}^m$	$e_{HR}^m$	$m$ Sídelní jednotka	$\hat{y}_{HR}^m$	$e_{HR}^m$
1 Adolfov	4,5	-4,5	33 Libov	8,0	18,0	65 Ryjice	42,8	-14,8
2 Arnultovice	22,5	2,5	34 Lipová	23,1	2,9	66 Řehlovice	53,3	-9,3
3 Bláhov	7,8	1,2	35 Luční Chvojno	24,3	0,7	67 Řetouň	7,8	4,2
4 Blansko	7,4	-7,4	36 Lužec	8,1	0,9	68 Sebzůn	83,5	-15,5
5 Brozánky	23,8	6,2	37 Lysá	7,5	-3,5	69 Slavošov	21,8	-14,8
6 Březí	33,3	-7,3	38 Malé Březno	61,9	18,1	70 Sovolusky	7,7	18,3
7 Budov	37,6	-37,6	39 Malé Chvojno	41,3	14,7	71 Stadice	47,2	-7,2
8 Čermná	22,7	-14,7	40 Malečov	28,5	-2,5	72 Stebno	24,1	-0,1
9 Čeřeniště	22,4	-17,4	41 Mašovice	7,5	-7,5	73 Stradov	60,7	1,3
10 Český Bukov	8,0	-4,0	42 Milbohov	22,8	1,2	74 Strážky	55,9	53,1
11 Český Újezd	108,7	21,3	43 Mírkov	22,4	-13,4	75 Suchá	21,9	-7,9
12 Dolní Zálezly	33,6	12,4	44 Mnichov	22,4	2,6	76 Suletice	22,0	-8,0
13 Doubravice	7,5	1,5	45 Moravany	22,1	-22,1	77 Svádov	110,7	54,3
14 Dubice	27,0	-9,0	46 Nakléřov	4,9	-4,9	78 Šachov	7,7	-3,7
15 Habrovany	25,2	-7,2	47 Němčí	7,6	-7,6	79 Tašov	24,5	1,5
16 Habří	22,0	-19,0	48 Neštědice	67,8	-14,8	80 Telnice	24,4	4,6
17 Haslice	8,1	0,9	49 Nová Ves u Pláně	7,7	6,3	81 Tisá	40,6	-2,6
18 Homole u Panny	23,7	-3,7	50 Nové Stadice	33,1	-15,1	82 Týniště	22,0	-16,0
19 Horní Zálezly	22,5	-2,5	51 Nový Libouchec	8,0	29,0	83 U Staré Pošty	48,9	-19,9
20 Hrbovice	63,9	-7,9	52 Ostrov	7,5	-7,5	84 Ústí nad Labem	2374,1	124,3
21 Chabařovice	125,4	-33,4	53 Petrovice	37,5	2,5	85 Valtířov	67,2	35,8
22 Chlumec	179,2	33,8	54 Podlešín	22,2	1,8	86 Varvažov	34,9	-5,9
23 Chuderov	34,2	43,8	55 Pohoří	8,0	18,0	87 Velké Březno	89,9	13,1
24 Chuderovec	22,9	-14,9	56 Povrly	82,2	-25,2	88 Velké Chvojno	27,8	-2,8
25 Chvalov	23,2	0,8	57 Proboštov	22,2	-10,2	89 Vyklice	30,4	-6,4
26 Knínice	37,0	5,0	58 Přestanov	122,4	9,6	90 Zadní Telnice	4,5	7,5
27 Kojetice	54,0	6,0	59 Radejčín	22,9	-4,9	91 Zubrnice	24,7	13,3
28 Koštov	77,4	-1,4	60 Radešín	22,4	3,6	92 Žandov	52,3	-23,3
29 Krásný Les	20,4	-11,4	61 Rájec	7,5	-7,5	93 Žďár	22,2	2,8
30 Leština	23,7	14,3	62 Roudníky	50,2	-26,2	94 Žďárek	7,8	34,2
31 Lhota pod Pannou	22,8	-2,8	63 Roztoky	55,7	-19,7	95 Žežice	22,8	-6,8
32 Libouchec	75,6	37,4	64 Rýdeč	22,9	15,1			

Zdroj: autor

## PŘÍLOHA M

*Míra vlivu jednotlivých proměnných na výsledný počet spojů  $\Omega_j^m$  v sídelních jednotkách  $m$*

<b><math>m</math> Jednotka</b>	$\beta_0$	$x_1$	$x_6$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{17}$	$x_{19}$
1 Adolfov	401 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	-303 %
2 Arnultovice	80 %	7 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
3 Bláhov	232 %	6 %	0 %	0 %	0 %	37 %	0 %	0 %	0 %	-175 %
4 Blansko	244 %	1 %	0 %	0 %	0 %	39 %	0 %	0 %	0 %	-184 %
5 Brozánky	76 %	12 %	0 %	0 %	0 %	12 %	0 %	0 %	0 %	0 %
6 Březí	54 %	7 %	30 %	0 %	0 %	9 %	0 %	0 %	0 %	0 %
7 Budov	48 %	1 %	0 %	80 %	0 %	8 %	0 %	0 %	0 %	-36 %
8 Čermná	79 %	8 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
9 Čeřeniště	80 %	7 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
10 Český Bukov	224 %	9 %	0 %	0 %	0 %	36 %	0 %	0 %	0 %	-169 %
11 Český Újezd	17 %	2 %	19 %	0 %	14 %	0 %	0 %	28 %	20 %	0 %
12 Dolní Zálezly	54 %	38 %	0 %	0 %	0 %	9 %	0 %	0 %	0 %	0 %
13 Doubravice	240 %	2 %	0 %	0 %	0 %	39 %	0 %	0 %	0 %	-181 %
14 Dubice	67 %	23 %	0 %	0 %	0 %	11 %	0 %	0 %	0 %	0 %
15 Habrovany	72 %	17 %	0 %	0 %	0 %	11 %	0 %	0 %	0 %	0 %
16 Habří	82 %	5 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
17 Haslice	222 %	10 %	0 %	0 %	0 %	36 %	0 %	0 %	0 %	-168 %
18 Homole u Panny	76 %	12 %	0 %	0 %	0 %	12 %	0 %	0 %	0 %	0 %
19 Horní Zálezly	80 %	7 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
20 Hrbovice	28 %	4 %	16 %	0 %	24 %	0 %	28 %	0 %	0 %	0 %
21 Chabařovice	14 %	43 %	16 %	0 %	12 %	0 %	14 %	0 %	0 %	0 %
22 Chlumec	10 %	48 %	6 %	0 %	9 %	0 %	10 %	17 %	0 %	0 %
23 Chudarov	53 %	39 %	0 %	0 %	0 %	8 %	0 %	0 %	0 %	0 %
24 Chudovec	79 %	9 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
25 Chvalov	78 %	10 %	0 %	0 %	0 %	12 %	0 %	0 %	0 %	0 %
26 Knínice	49 %	3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	48 %	0 %	0 %	0 %
27 Kojetice	33 %	6 %	0 %	56 %	0 %	5 %	0 %	0 %	0 %	0 %
28 Koštov	23 %	11 %	13 %	0 %	20 %	4 %	0 %	0 %	29 %	0 %
29 Krásný Les	88 %	12 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
30 Leština	76 %	12 %	0 %	0 %	0 %	12 %	0 %	0 %	0 %	0 %
31 Lhota pod Pannou	79 %	8 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
32 Libouchec	24 %	49 %	0 %	0 %	0 %	4 %	24 %	0 %	0 %	0 %
33 Libov	225 %	9 %	0 %	0 %	0 %	36 %	0 %	0 %	0 %	-170 %
34 Lipová	78 %	10 %	0 %	0 %	0 %	12 %	0 %	0 %	0 %	0 %
35 Luční Chvojno	74 %	14 %	0 %	0 %	0 %	12 %	0 %	0 %	0 %	0 %
36 Lužec	224 %	9 %	0 %	0 %	0 %	36 %	0 %	0 %	0 %	-169 %
37 Lysá	240 %	2 %	0 %	0 %	0 %	39 %	0 %	0 %	0 %	-181 %
38 Malé Březno	29 %	14 %	16 %	0 %	0 %	5 %	0 %	0 %	36 %	0 %
39 Malé Chvojno	44 %	6 %	0 %	0 %	0 %	7 %	43 %	0 %	0 %	0 %



<i>m</i> Jednotka	$\beta_0$	$x_1$	$x_6$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{17}$	$x_{19}$
40 Malečov	63 %	27 %	0 %	0 %	0 %	10 %	0 %	0 %	0 %	0 %
41 Mašovice	240 %	3 %	0 %	0 %	0 %	38 %	0 %	0 %	0 %	-181 %
42 Milbohov	79 %	8 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
43 Mírkov	80 %	7 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
44 Mnichov	80 %	7 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
45 Moravany	82 %	5 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
46 Nakléřov	370 %	9 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	-280 %
47 Němčí	236 %	4 %	0 %	0 %	0 %	38 %	0 %	0 %	0 %	-178 %
48 Neštědice	27 %	22 %	15 %	0 %	0 %	4 %	0 %	0 %	33 %	0 %
49 Nová Ves u Pláně	234 %	5 %	0 %	0 %	0 %	38 %	0 %	0 %	0 %	-177 %
50 Nové Stadice	54 %	6 %	31 %	0 %	0 %	9 %	0 %	0 %	0 %	0 %
51 Nový Libouchec	225 %	9 %	0 %	0 %	0 %	36 %	0 %	0 %	0 %	-170 %
52 Ostrov	239 %	3 %	0 %	0 %	0 %	38 %	0 %	0 %	0 %	-180 %
53 Petrovice	48 %	44 %	0 %	0 %	0 %	8 %	0 %	0 %	0 %	0 %
54 Podlešín	81 %	6 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
55 Pohoří	226 %	8 %	0 %	0 %	0 %	36 %	0 %	0 %	0 %	-170 %
56 Povrly	22 %	35 %	12 %	0 %	0 %	4 %	0 %	0 %	27 %	0 %
57 Proboštov	81 %	6 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
58 Přestanov	15 %	8 %	25 %	0 %	13 %	0 %	15 %	25 %	0 %	0 %
59 Radejčín	79 %	9 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
60 Radešín	80 %	7 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
61 Rájec	241 %	2 %	0 %	0 %	0 %	39 %	0 %	0 %	0 %	-182 %
62 Roudníky	36 %	13 %	20 %	0 %	31 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
63 Roztoky	32 %	4 %	18 %	0 %	0 %	5 %	0 %	0 %	40 %	0 %
64 Rýdeč	79 %	9 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
65 Ryjice	42 %	15 %	0 %	0 %	36 %	7 %	0 %	0 %	0 %	0 %
66 Řehlovice	34 %	19 %	0 %	0 %	0 %	5 %	0 %	0 %	42 %	0 %
67 Řetouň	230 %	7 %	0 %	0 %	0 %	37 %	0 %	0 %	0 %	-173 %
68 Sebuzín	22 %	18 %	0 %	36 %	0 %	3 %	21 %	0 %	0 %	0 %
69 Slavošov	83 %	4 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
70 Sovolusky	235 %	5 %	0 %	0 %	0 %	38 %	0 %	0 %	0 %	-177 %
71 Stadice	38 %	9 %	0 %	0 %	0 %	6 %	0 %	0 %	47 %	0 %
72 Stebno	75 %	13 %	0 %	0 %	0 %	12 %	0 %	0 %	0 %	0 %
73 Stradov	30 %	11 %	33 %	0 %	26 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
74 Strážky	32 %	9 %	0 %	54 %	0 %	5 %	0 %	0 %	0 %	0 %
75 Suchá	82 %	5 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
76 Suletice	82 %	5 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
77 Svádov	16 %	25 %	9 %	27 %	0 %	3 %	0 %	0 %	20 %	0 %
78 Šachov	234 %	5 %	0 %	0 %	0 %	38 %	0 %	0 %	0 %	-176 %
79 Tašov	73 %	15 %	0 %	0 %	0 %	12 %	0 %	0 %	0 %	0 %
80 Telnice	74 %	26 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
81 Tisá	44 %	48 %	0 %	0 %	0 %	7 %	0 %	0 %	0 %	0 %
82 Týniště	82 %	5 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
83 U Staré Pošty	37 %	6 %	21 %	0 %	0 %	0 %	37 %	0 %	0 %	0 %
84 Ústí nad Labem	1 %	94 %	0 %	1 %	0 %	0 %	1 %	1 %	1 %	0 %

<i>m</i> Jednotka	$\beta_0$	$x_1$	$x_6$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{17}$	$x_{19}$
85 Valtířov	27 %	21 %	15 %	0 %	0 %	4 %	0 %	0 %	33 %	0 %
86 Varvažov	52 %	19 %	29 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
87 Velké Březno	20 %	41 %	11 %	0 %	0 %	3 %	0 %	0 %	25 %	0 %
88 Velké Chvojno	65 %	25 %	0 %	0 %	0 %	10 %	0 %	0 %	0 %	0 %
89 Vyklice	59 %	1 %	33 %	0 %	51 %	0 %	0 %	0 %	0 %	-45 %
90 Zadní Telnice	397 %	3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	-300 %
91 Zubrnice	73 %	15 %	0 %	0 %	0 %	12 %	0 %	0 %	0 %	0 %
92 Žandov	34 %	12 %	19 %	0 %	0 %	0 %	34 %	0 %	0 %	0 %
93 Žďár	81 %	6 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %
94 Žďárek	230 %	7 %	0 %	0 %	0 %	37 %	0 %	0 %	0 %	-174 %
95 Žežice	79 %	8 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Zdroj: autor