

Metody hodnocení dopravní dostupnosti veřejnou hromadnou dopravou

Hynek Gerlich

Institut geoinformatiky, Hornicko-geologická fakulta,
Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava,
17. listopadu 15/2172, 708 33, Ostrava-Poruba, Česká republika
hynek.gerlich@gmail.com

Abstrakt. Tato bakalářská práce se zabývá metodami hodnocení dopravní dostupnosti veřejnou hromadnou dopravou. Dopravní dostupnost je významný, ale obtížně definovatelný geografický pojem, pro jehož hodnocení lze použít různé typy metod. Práce zahrnuje rešerši literatury, která se problematice dopravní dostupnosti veřejnou hromadnou dopravou věnuje. Následuje popis vybraných přístupů hodnocení a popis dat, s nimiž je hodnocení provedeno. Další část popisuje aplikaci vybraných metod na zpracovaná data z jízdních řádů pro Českou republiku v roce 2014. V závěru práce jsou výsledky zhodnoceny, porovnány a vizualizovány prostřednictvím mapových výstupů.

Klíčová slova: dopravní dostupnost, veřejná hromadná doprava, jízdní řády, mapové výstupy

Abstract. Methods of Public Transport Accessibility Evaluation. This bachelor thesis deals with methods of public transport accessibility evaluation. Transport accessibility is an important, but hardly definable geographical term and there are various kinds of methods that can be used for the evaluation of accessibility. The thesis covers a review of literature, which is dedicated to the problems of public transport accessibility. This part is followed by a description of chosen methods of evaluation and of the data that are used for the evaluation. The next part describes the use of chosen methods with the processed data from time tables for the Czech Republic in the year 2014. In conclusion of the thesis, the results are evaluated, compared and visualized using map outputs.

Keywords: transport accessibility, public transport, time tables, map outputs

1 Úvod

Doprava je neodmyslitelnou součástí každodenního života člověka už od počátku lidstva. Vzdálenosti, jejichž překonání bylo v minulosti nepředstavitelné, se dnes stávají zanedbatelnými, jsou-li k dispozici adekvátní dopravní prostředky. Přepravováno je obrovské množství osob, nákladu a především informací. Na efektivní dopravě a kvalitní dopravní infrastruktuře výrazně závisí ekonomiky moderních států, ale tyto faktory ovlivňují také kulturní a sociální aktivity lidstva, a v neposlední řadě i životní prostředí.

Jednou z možností, jak ocenit kvalitu dopravy a dopravní síť, je hodnocení dopravní dostupnosti území. Dopravní dostupnost je zpravidla mnohem vyšší v místech, kde je

zajištěna dostatečná možnost využití veřejné hromadné dopravy jako alternativy k individuální automobilové dopravě, a naopak často velmi nízká v odloučených oblastech, v nichž je vzhledem k nižšímu počtu obyvatel veřejná hromadná doprava často ztrátová. Nízká dopravní dostupnost pak může mít negativní vliv na obyvatele těchto oblastí, kteří je opouštějí a dochází zde tak k vylidňování a jiným negativním následkům.

Tato práce představuje některé přístupy k hodnocení dopravní dostupnosti veřejnou hromadnou dopravou. Zvolené přístupy jsou aplikovány na data z jízdních řádů ČR platná pro rok 2014, načež následuje vyhodnocení a vizualizace výsledků. K hodnocení a porovnání jsou použita i data pro individuální automobilovou dopravu.

2 Základní pojmy

Osobní doprava se dá podle Drdly [1] rozdělit na dva hlavní dopravní obory – dopravu hromadnou a dopravu individuální. Z oborů veřejné hromadné dopravy se tato práce zabývá autobusovou a železniční dopravou, pro které jsou k dispozici data z jízdních řádů. Část výsledků této práce je vyhodnocena také s použitím údajů získaných z dat o individuální automobilové dopravě.

Geografický pojem *dopravní dostupnosti* nelze jednoznačně definovat, jelikož se na něj dá nahlížet různými pohledy. Michniak považuje dostupnost za snadnost, s níž dosáhneme určitého místa nebo služby z ostatních míst. Tuto snadnost můžeme vyjádřit např. překonanou vzdáleností, časem trvání cesty nebo vynaloženými cestovními náklady [2]. Geurs a Ritsema van Eck dostupnost definují jako stupeň, ke kterému územní dopravní systém umožňuje osobám (případně skupinám osob) či zboží dosáhnout určitého cíle nebo aktivity prostřednictvím druhů dopravy či jejich kombinací [3].

3 Zvolené metody

V této kapitole je uveden přehled metod, které byly zvoleny jako vhodné pro splnění cílů této bakalářské práce. Při rešerši literatury bylo nalezeno značné množství metod použitelných pro hodnocení dopravní dostupnosti, ale jen některé z nich byly vhodné pro použití vzhledem k dostupným datům.

3.1 Celková dostupnost území

Zdroj: [4]

$$A_{total} = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j} \sum_{j=1}^N a_{ij} \quad (1)$$

Kde A_{total} je celková dostupnost území, N je počet všech uzlů a a_{ij} je cestovní čas mezi lokacemi i a j . Výsledek je ovlivněn především počtem uzlů. Lze tedy usoudit, že

čím více se výsledná celková dostupnost blíží nule, tím je dostupnost lokace i lepší. S nižším počtem uzlů, které v tomto případě tvoří centroidy obcí, se dostupnost obce zhoršuje. Je-li současně s nízkým počtem uzlů nízká i suma cestovních časů, dostupnost může být přijatelná. Značný rozdíl v těchto ukazatelích se ve výsledku projeví jako špatná úroveň dostupnosti.

3.2 Dostupnost A_3

Zdroj: [5]

$$A_3 = 1 / \sum_j t_{ij} \quad (2)$$

Kde t_{ij} je minimální celkový čas potřebný k cestování mezi centroidy zón i a j . Označení této metody A_3 bylo převzato od autorů. Interpretace je podobná jako v předchozím případě – čím větší je suma cestovních časů, tím je výsledná hodnota menší (blíží se nule) a dopravní dostupnost je lepší. Oproti celkové dostupnosti není tato metoda hodnocení dostupnosti standardizována počtem uzlů (zde obcí), což se může projevit v odlehlých oblastech, v nichž je k dispozici spojení s větším cestovním časem.

3.3 Dostupnost A_4

Zdroj: [5]

$$A_4 = \frac{1}{n-1} \sum_j \frac{a_{ij}}{d_{ij}} \quad (3)$$

Kde n je počet uzlů, a_{ij} je euklidovská vzdálenost mezi centroidy zón i a j a d_{ij} je nejkratší cestovní vzdálenost mezi centroidy zón i a j . Označení této metody A_4 bylo převzato od autorů. Tato míra dopravní dostupnosti bere v potaz odchylku cestní vzdálenosti od euklidovské. S větší odchylkou narůstá i cestovní čas a dostupnost tak klesá. V ideálním případě by byl podíl těchto dvou parametrů roven číslu 1, tedy euklidovská i cestní vzdálenost by měly stejné hodnoty. To je však v reálném světě pro velké vzdálenosti zřehla nemožné. Nejlepší dostupnost značí hodnoty blíží se jedné, špatnou dostupnost značí hodnoty blíží se nule.

3.4 Podíl přímé dostupnosti euklidovské a cestní dostupnosti

Upraveno podle [6]

$$D_i^{\frac{P}{C}} = \frac{\sum_j d_{ij}^p}{\sum_j d_{ij}^c} \quad (4)$$

Kde $D_i^{\frac{P}{C}}$ je podíl přímé (euklidovské) a cestní vzdálenosti veřejnou hromadnou dopravou v místě i , d_{ij}^p euklidovská vzdálenost mezi místy i a j , d_{ij}^c délka nejkratší

cesty z místa i do j a j je index cíle. Tato metoda porovnává odchylku cestní vzdálenosti veřejnou hromadnou dopravou od euklidovské vzdálenosti. Hodnoty blíží se nule značí špatnou dopravní dostupnost, hodnoty blíží se jedné pak vynikající dopravní dostupnost. Je-li cestní vzdálenost výrazně odlišná od vzdálenosti přímé, dostupnost bude na nižší úrovni.

3.5 Míra cestní dostupnosti

Upraveno
podle [6]

$$D_i^{\frac{c_l}{c_v}} = \frac{\sum_j d_{ij}^{c_l}}{\sum_j d_{ij}^{c_v}} \quad (5)$$

Kde $D_i^{\frac{c_l}{c_v}}$ je podíl cestních vzdáleností individuální automobilové a veřejné hromadné dopravy v místě i , $d_{ij}^{c_l}$ délka nejkratší cesty z místa i do j individuální automobilovou dopravou, $d_{ij}^{c_v}$ je délka nejkratší cesty z místa i do j veřejnou hromadnou dopravou a j je index cíle. V ideálním případě by se cesty veřejnou a individuální dopravou nelišily. Metoda slouží k nalezení lokací, u nichž je výrazný rozdíl mezi nejkratšími cestami těchto dvou dopravních módů. Výsledky blíží se jedné signalizují excelentní úroveň dopravní dostupnosti veřejnou hromadnou dopravou, kdy prostředky veřejné hromadné dopravy využívají stejných či přibližně stejných tras jako automobily. Vysoké hodnoty pak znamenají špatnou úroveň dopravní dostupnosti veřejnou hromadnou dopravou.

3.6 Časová míra dostupnosti

Upraveno
podle [6]

$$D_i^{\frac{t_l}{t_v}} = \frac{\sum_j t_{ij}^l}{\sum_j t_{ij}^v} \quad (6)$$

Kde $D_i^{\frac{t_l}{t_v}}$ je podíl časů individuální automobilové a veřejné hromadné dopravy v místě i , t_{ij}^l doba nejkratšího přesunu z místa i do j individuální automobilovou dopravou, t_{ij}^v doba nejkratšího přesunu z místa i do j veřejnou hromadnou dopravou a j je index cíle. Podobně jako u cestní míry dostupnosti, nízké hodnoty (blíží se jedné) značí vysokou úroveň dopravní dostupnosti veřejnou hromadnou dopravou, a naopak.

4 Použitá data

4.1 Data z jízdních řádů

Databáze obsahuje spojení veřejnou linkovou dopravou s platností od 14. prosince 2014, data jsou tedy platná i pro rok 2015. Databáze obsahuje kódy počátečních a cílových obcí, veřejnou a přímou vzdálenost, a časy všech spojení. Spojení byla vyhledávána za následujících podmínek:

- euklidovská vzdálenost je maximálně 150 kilometrů,
- maximální počet přestupů je 5,
- příjezd do cíle nejdříve 60 minut před plánovaným začátkem směny,
- příjezd do cíle nejpozději v 6:00, 7:00 a 8:00 (ranní směna), v 14:00 (odpolední směna) nebo ve 22:00 (noční směna),
- odjezd z počátku nejdříve 120 minut před plánovaným začátkem směny,
- doba cestování pro cestu tam či zpět nesmí překročit 90 minut.

Vyhledávání dat provádí Institut geoinformatiky VŠB-TUO v rámci Databáze dopravních spojení, kterou od roku 2006 vyvíjel pro Ministerstvo práce a sociálních věcí. Přístup k datům a vyhledávacímu mechanismu poskytla CHAPS s.r.o.

Databázi celkem tvořilo 22 246 486 záznamů. Pro vyhodnocení dopravní dostupnosti byla vybrána spojení do 100 kilometrů přímé vzdálenosti, a dle dohody s vedoucím práce vždy spojení s nejnižším cestovním časem. Výsledkem bylo 931 521 záznamů.

4.2 Zastávky veřejné hromadné dopravy

Jedná se o bodové vrstvy hlavních vlakových a autobusových zastávek obcí České republiky. Pro zpracování bylo vybráno 6 253 zastávek, tedy jedna zastávka pro jednu obci České republiky. Hlavní kritériem výběru byla co nejkratší vzdálenost zastávky od definičního bodu obce, který by měl spadat do místa s nejvyšší hustotou zalidnění dané obce.

4.3 OD matice

Pro tuto síťovou analýzu byla použita silniční síť Data200, jež byla doplněna o průměrné rychlosti na jednotlivých segmentech [7]. Úkolem bylo získat cestní vzdálenosti a časy individuální automobilové dopravy, přičemž jako počáteční i cílové uzly byly opět použity zastávky VHD. Výsledky byly následně použity pro porovnání s daty veřejné hromadné dopravy. Zpracování proběhlo s využitím extenze ArcMapu *Network Analyst*. Po vzniku OD matice byly vyfiltrovány vzdálenosti přesahující přímou vzdálenost 100 km. Výsledkem byla vzdálenostní matice s 12 516 110 záznamy, u nichž byla maximální cestní vzdálenost rovna 180 km.

5 Výsledky

Obsahem této kapitoly jsou mapové výstupy zobrazující výsledky použitých metod hodnocení dopravní dostupnosti veřejnou hromadnou dopravou a jejich zhodnocení. Pro výpočet hranic třídních intervalů byla ve všech případech použita Jenksova optimalizační metoda.

5.1 Celková dostupnost obcí veřejnou hromadnou dopravou (viz obr. 1)

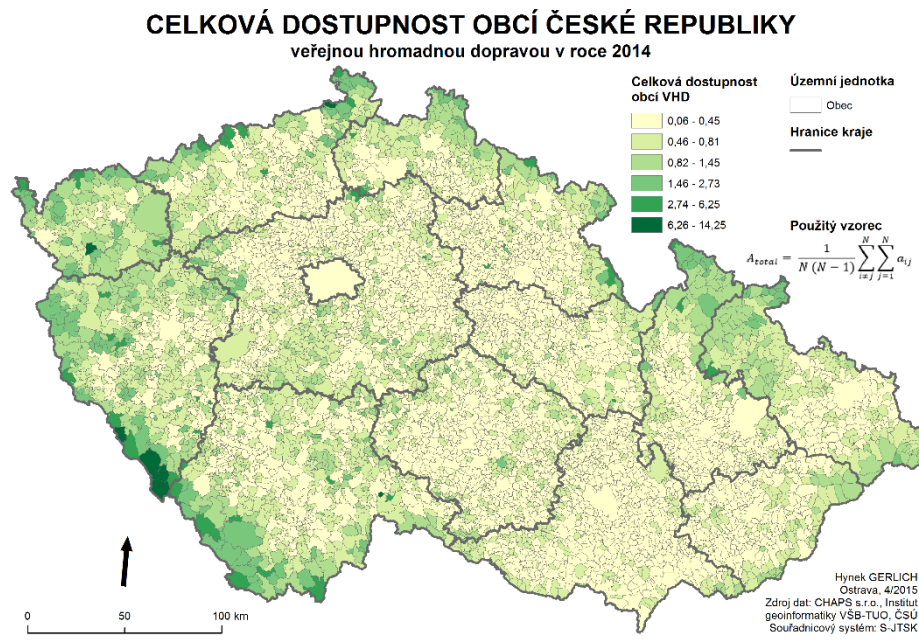
Hodnoty ve světle žluté barvě jsou nejnižší a představují nejlepší úroveň celkové dostupnosti veřejnou hromadnou dopravou. S rostoucími hodnotami u následujících tříd úroveň celkové dostupnosti postupně klesá a tmavě zelená barva pak představuje obce s nejslabší úrovní dopravní dostupnosti.

Není překvapením, že výbornou úroveň dostupnosti si drží všechna krajská města, která figurují jako hlavní cíle dojížděky z okolních obcí a z toho důvodu je zde zajištěna dostatečná úroveň veřejné dopravy. Dostupnost podobné úrovně má většina obcí v kraji Jihomoravském, Pardubickém, Královéhradeckém, na Vysočině a částečně v Moravskoslezském, Zlínském a Olomouckém kraji. Ve Středočeském kraji je situace horší v jižní části, nepříliš příznivá je celková dopravní dostupnost v části Plzeňského a v Karlovarském kraji.

Oblast Jeseníků a Rychlebských hor je vzhledem k nepříliš vhodným geografickým podmínkám a celkové odloučenosti oblasti jednou z oblastí, v nichž je dopravní dostupnost nedostatečná. V podobné situaci jsou i Šluknovský, Frýdlantský, Broumovský, Ašský a Osoblažský výběžek. Vzhledem k tomu, že při práci nebyla použita žádná data z jízdních řádů pro sousední státy, jsou pohraniční oblasti České republiky téměř bez výjimky zasaženy nižší úrovní dopravní dostupnosti. To je ovšem způsobeno i výskytem pohraničních pohoří. Dostupnost je nejnižší na území obcí pokrývajících Šumavu, nepatrně lepší je situace v Českém lese, Krušných horách, Krkonoších, Moravskoslezských Beskydech a Javornících. Bílé Karpaty jsou pohořím s nejlepší úrovní dopravní dostupnosti.

5.2 Dostupnost obcí veřejnou hromadnou dopravou (vzorec A_3)

V porovnání s celkovou dostupností obcí jsou výsledky vypočítané podle vzorce A_3 značně odlišné. Dopravní dostupnost se rapidně zlepšila na celém území České republiky, zlepšení je patrné i v pohraničních oblastech a ve výběžcích. Bílé Karpaty dosáhly výborné úrovně. Rozdílné výsledky oproti předchozí metodě jsou způsobeny tím, že zde není využita standardizace počtem uzlů, což tuto metodu dělá poměrně nevhodnou k hodnocení. Lze však dojít k závěru o špatné situaci dopravní dostupnosti veřejnou hromadnou dopravou na území výběžků a pohoří, které se sice při tomto vyhodnocení více či méně zlepšilo, ale z celkového pohledu je zde úroveň dostupnosti nedostatečná.



Obrázek 1: Celková dostupnost obcí ČR

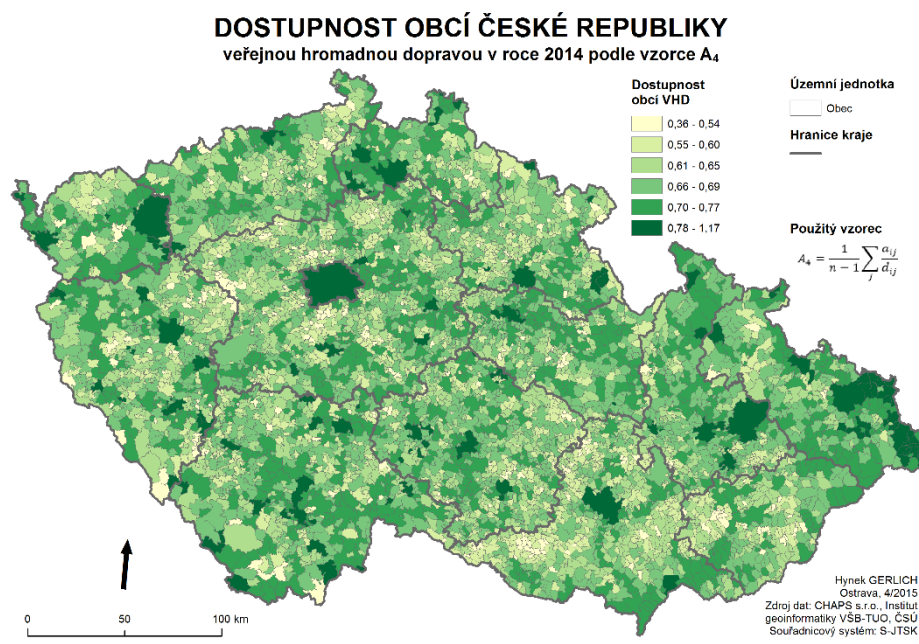
5.3 Dostupnost obcí veřejnou hromadnou dopravou (vzorec A4, viz obr. 2)

Metoda sleduje rozdíly mezi euklidovskou vzdáleností a cestní vzdáleností spojů veřejné hromadné dopravy, větší cestní vzdálenost značí horší dopravní dostupnost. Oproti předchozím výsledkům je nyní dostupnost lepší v Karlovarském a Jihočeském kraji. Vojenské újezdy Libavá a Hradiště nyní spadají do oblastí s vysokou dopravní dostupností, a to z důvodu malého počtu existujících spojení a omezené možnosti pohybu v těchto oblastech. Oblast od Ostravy na východ a jih až po Jablunkovsko se také řadí mezi obce s nejvyšší dostupností, značné zlepšení vykazují tyto výsledky pro Jeseníky a Rychlebské hory.

5.4 Podíl přímé a cestní dostupnosti obcí veřejnou hromadnou dopravou (viz obr. 3)

Tato metoda je podobná metodě předchozí s tím rozdílem, že nebere ohled na počet uzlů. I bez této standardizace jsou výsledky při srovnání poměrně podobné. Lze upozorovat situaci, kdy některé obce s vysokou dopravní dostupností od Prahy přes východní Čechy kopírují 3. tranzitní koridor až do Olomouce. Z Olomouce pak vede podobná struktura obcí na jih Moravy, kdy je sledován 2. tranzitní koridor do Břeclavi. Tento výsledek dává smysl, jelikož železniční koridory jsou vedeny co nejpříměji.

Oproti předchozí metodě se situace opět částečně změnila k horšímu v oblasti Jeseníků a ve Šluknovském, Frýdlantském a Osoblažském výběžku. Broumovský výběžek výrazné změny nezaznamenal. Zlepšení nastalo v oblasti Znojma a Břeclavi, oblast Ostravska, Karvinska a Třínecka zůstala téměř totožná jako v minulém případě.



Obrázek 2: Dostupnost obcí ČR VHD dle vzorce A_4

5.5 Míra cestní dostupnosti obcí

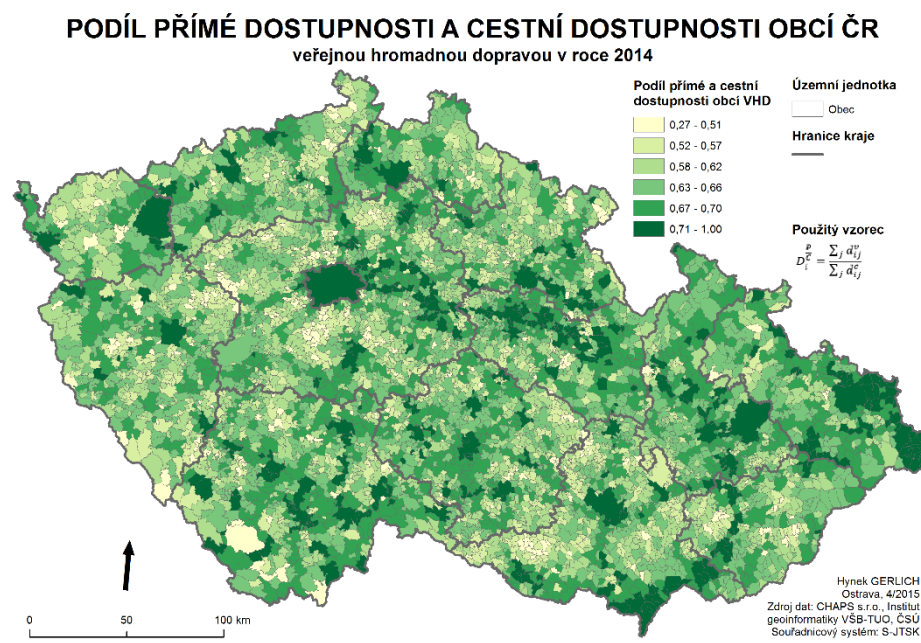
Tato metoda se věnuje odhalení největších rozdílů mezi cestami využívanými spoji veřejné hromadné dopravy a osobními automobily. Na rozdíl od předchozích metod můžeme pozorovat odlišné výsledky.

Situace zůstává podobně nepříznivá v horských oblastech (Šumava, Český les, Jeseníky) i ve výběžcích. Dobrou úroveň dostupnosti lze pozorovat v oblasti Chebu a také v Podkrušnohoří – Most, Ústí nad Labem a Kadaň, z blízkých sousedů by měl být zmíněn Děčín. Výbornou úroveň si drží jižní části Jihomoravského a Jihočeského kraje, Zlínský kraj je v o něco horší situaci. Nepříliš dobrou dostupnost má kraj Plzeňský, Karlovarský, Středočeský, Pardubický, Olomoucký, Královéhradecký a Vysočina.

5.6 Časová míra dostupnosti obcí

I přes blízký vztah časové a cestní dostupnosti se situace oproti předchozímu vyhodnocení ve všech krajích zhoršila. Snížila se dostupnost Prahy a také jižních částí

Jihomoravského a Jihočeského kraje, které měly dobrou časovou dostupnost. Nejsilnější změny lze pozorovat na Vysočině a v Olomouckém kraji. Stejně jako u předchozí metody, oblast na jih od Ostravy se příliš nezlepšila.



Obrázek 3: Podíl přímé a cestní dostupnosti obcí ČR veřejnou hromadnou dopravou

6 Závěr

V rámci této práce bylo provedeno hodnocení dopravní dostupnosti veřejnou hromadnou dopravou v obcích České republiky s platností pro rok 2014. Součástí byl i průzkum literatury na toto téma. Studium dopravní dostupnosti bývá poměrně častou záležitostí, ale zpravidla se jedná o dopravní dostupnost individuální automobilovou dopravou. Hodnocení dopravní dostupnosti veřejnou dopravou je přitom velmi důležité, protože zvýšené užívání osobních automobilů má negativní vliv na životní prostředí a jeho obyvatele. Některé skupiny lidí jsou navíc závislé na veřejné dopravě jako na jediném dostupném typu přepravy.

Pro hodnocení dopravní dostupnosti bylo vybráno či zkombinováno šest metod, které využívají jak data z kombinovaných jízdních řádů pro vlaky a autobusy, tak i vzdálenosti a časy pro individuální automobilovou dopravu. Zpracování dat zahrnovalo rozsáhlou práci v prostředí relační databáze a geografického informačního systému, který byl následně použit i pro vizualizaci výsledků.

Výsledky hodnocení dopravní dostupnosti přinesly i přes rozdílnost použitých metod několik společných jmenovatelů. Vysoká dopravní dostupnost je zajištěna ve

statutárních městech, kterými jsou Praha, Brno, Plzeň, Ostrava a Olomouc. Celkově je dopravní dostupnost nejvyšší v Jihomoravském a částečně Moravskoslezském, Zlínském a Pardubickém kraji, což je způsobeno dostatečnou dopravní obslužností tohoto území spoji veřejné hromadné dopravy, v případě Pardubického kraje také významným tranzitním koridorem, jenž vede přes jeho území.

Odlehle části území republiky, jimiž jsou výběžky Šluknovský, Frýdlantský, Broumovský a Osoblažský, mají neuspokojivou úroveň dopravní dostupnosti, která se příliš nemění ani v závislosti na použitých metodách hodnocení. Jako problematické byly vyhodnoceny i pohraniční, často horské oblasti. Nízkou dostupností trpí obce na území Šumavy, Jeseníků, Českého lesa a Rychlebských hor. Poměrně dobrou úroveň dopravní dostupnosti disponují obce, na jejichž území zasahují Moravskoslezské Beskydy a Bílé Karpaty.

Mezi kraje s nejhůřší situací lze zařadit kraj Středočeský, Karlovarský a kraj Vysočinu, situace není optimální ani v Plzeňském kraji. V Čechách je oproti Moravě vyšší stupeň automobilizace, jsou preferovány osobní automobily a hromadná doprava se tak stává nerentabilní, což vede k postupnému snižování počtu spojů. Tato situace bývá označována jako „bludný kruh“ [8].

Výsledky hodnocení mohou být použity pro porovnání s běžně užívanými metodami či pro sledování vývoje dopravní dostupnosti veřejnou hromadnou dopravou v České republice.

Reference

- [1] **DRDLA, P.** *Osobní doprava*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-593-9.
- [2] **MICHNIAK, D.** *Dostupnosť ako geografická kategória a jej význam pri hodnotení územno-správného členenia Slovenska*. Dizertačná práca. Bratislava: Geografický ústav Slovenskej akadémie vied, 2002.
- [3] **GEURS, K. T. a J. R. RITSEMA VAN ECK.** *Accessibility measures: review and applications*. Utrecht: National Institute of Public Health and the Environment. Utrecht University, 2001.
- [4] **ALLEN, W. B., D. LIU, S. SINGER.** Accessibility Measures of U.S. Metropolitan Areas. *Transportation Research B*. 1993, sv. 27, 6, stránky 439-449.
- [5] **LEAKE, G. R. a A. S. HUZAYYIN.** Accessibility Measures and their Suitability for use in Trip Generation Models. *Traffic Engineering & Control*. 1979, sv. 20, 12, stránky 566-572.
- [6] **HORÁK, J.** *Prostorové analýzy dat*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2013.
- [7] *The influence of transformation changes on the spatial accessibility of the acute bed care in the Czech Republic*. **VRABKOVÁ, I., I. VAŇKOVÁ, I. IVAN.** Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2015. FINANCE A VÝKONNOST FIREM VE VĚDĚ, VÝUCE A PRAXI.
- [8] **MARADA, M.** *Dopravní hierarchie středisek v Česku: Vztah k organizaci osídlení*. Dizertační práce. Praha: Univerzita Karlova, 2003.