

UNIVERZITA KARLOVA

Přírodovědecká fakulta

Stanislav Kraft

**Inovativní přístupy ke studiu dopravních interakcí
a funkčních dopravních regionů**

Habilitační práce

Praha 2023

OBSAH

Předmluva	3
------------------------	----------

A. VSTUPNÍ ČÁST HABILITAČNÍ PRÁCE

1. Úvod	4
2. Konceptuální východiska studia dopravních interakcí	6
3. Funkční dopravní regiony	11
4. Nové datové zdroje využitelné při výzkumu dopravních interakcí	17
4. 1. Data z GPS přístrojů	19
4. 2. Geolokační data mobilních operátorů	20
4. 3. Data z inteligentních dopravních systémů	21
5. Závěr	23
6. Použitá literatura	26

B. PUBLIKOVANÉ STUDIE	35
------------------------------------	-----------

PŘEDMLUVA

Předložená habilitační práce prezentuje autorův několikaletý výzkum zaměřený na analýzu a syntézu prostorové organizace a vývojové dynamiky dopravních interakcí v sídelním systému. Konceptuálně vychází z dnes již tradičních prací v sociální geografii zaměřených na analýzu dopravních interakcí, nicméně těžištěm jejího zájmu jsou zejména nové přístupy a principy studia dopravních interakcí. Tyto přístupy lze spatřovat zejména v definování tzv. funkčních dopravních regionů, jakožto jedné z metod studia prostorové organizace a vývojové dynamiky dopravních interakcí v sídelních systémech, a ve využití nových datových zdrojů, které byly pro studium dopravních interakcí doposud využívány pouze okrajově či nebyly využívány vůbec. Právě v těchto aspektech lze spatřovat hlavní přínosy autora k výzkumu této problematiky. Hlavní motivací pro výzkum dopravních interakcí ze strany autora je tendence ke kontinuitě jejich geografického výzkumu založeného silnou československou dopravně geografickou školou (zejména osobnosti dr. Josefa Hůrského a doc. Stanislava Řeháka) a výzkumu geografické organizace společnosti (především přístupy prof. Martina Hampla). Druhým důvodem je pak snaha o využití unikátního charakteru dopravních interakcí, které mají komplexní vypovídací hodnotu o prostorové organizaci společnosti. Podle názoru autora jsou proto dopravní interakce v mnoha ohledech nedoceněnými indikátory prostorových vztahů.

Předkládané publikační výsledky vznikly v rámci řešení řady výzkumných projektů, z nichž nejvýznamnější byly projekty „Nová mobilita – vysokorychlostní dopravní systémy a dopravní chování populace“ (OP VVV CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_026/0008430); „Prostorové interakce a jejich konceptualizace: analýza selektivity, neurčitosti a hierarchie“ (GA ČR 20-21360S); „Prostorová dynamika dopravních vztahů v sídelním systému Česka“ (GA ČR P404/12/1035).

Rád bych touto cestou upřímně poděkoval všem kolegům a spoluautorům zařazených článků za spolupráci na samotných publikacích, i na grantových projektech. Jmenovitě děkuji za dlouholetou spolupráci zejména prof. RNDr. Mariánu Halásovi, PhD. a doc. RNDr. Miroslavu Maradovi, Ph.D. Za potřebné nasměrování při psaní habilitační práce si dovoluji poděkovat prof. RNDr. Luděkovi Sýkorovi, Ph.D. Poděkování patří zároveň Mgr. Vojtěchu Blažkovi, Ph.D. a všem mým dalším kolegům z katedry geografie Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Upřímně děkuji za dlouhodobou podporu mojí rodině.

A. VSTUPNÍ ČÁST HABILITAČNÍ PRÁCE

1. ÚVOD

V rámci sociální geografie je výzkumu dopravy a dopravních interakcí dlouhodobě věnována velká pozornost (např. Zelinsky 1971; Rimmer 1986; Knowles et al. 2008; Schwanen 2019; Rodrigue 2020). Souvisí to se samotným významem dopravy a prostorové mobility obyvatel v sociální geografii, kde byla právě doprava jedním z klíčových faktorů ovlivňujících dynamiku změn v krajinné sféře. Druhým důvodem velkého zájmu sociální geografie o problematiku výzkumu dopravních interakcí je pak skutečnost, že dopravní interakce mají mimořádně velkou vypovídací schopnost při studiu mezisídelních vztahů (Goetz 1992; Seidenglanz et al. 2021). V jistém smyslu lze proto říci, že dopravní interakce jsou univerzálními nositeli informací o komplementárních vztazích mezi různě disponovanými místy na zemském povrchu, neboť v sobě implicitně obsahují řadu informací o vztazích jednotlivých míst, regionů, kontinentů a v konečném důsledku i celého globálního systému (**Kraft, Marada 2017**).

Výzkum dopravních interakcí patří mezi tradiční výzkumná témata sociální geografie, a to zhruba od 60. let 20. století. V geografii je tomuto tématu věnována pozornost kontinuálně, autoři Miller a Goodchild (2015) navíc vlivem snazší dostupnosti nových dat dokonce hovoří o současné renesanci tohoto tématu nejen v geografii dopravy. Ullman (1980) považuje interakční přístup za jeden z vůbec nejvýznamnějších a nejkomplexnějších přístupů ke studiu sídelních systémů a jejich vývojové dynamiky ve druhé polovině 20. století. Na tyto klasické koncepty založené na teorii prostorových interakcí (viz dále) navazuje i tato práce. Přesto ji však lze považovat za vysoce inovativní, neboť k analýze dopravních interakcí používá méně tradiční metody výzkumu a nové přístupy založené na nových datových zdrojích (obdobně např. Tranos, Mack 2019). Právě v tomto lze spatřovat určitý *research gap*, který se předložená habilitační práce snaží zacelit.

Cílem habilitační práce je proto diskutovat vybrané aspekty studia dopravních interakcí v sídelním systému a specifikovat tak vlastní vědecký přínos autora habilitační práce k výzkumu této problematiky. Zmíněnými vybranými aspekty studia dopravních interakcí jsou problematika funkčních dopravních regionů a využití nových dat k jejich studiu. Obě tyto problematiky lze považovat za mimořádně důležité, a to nejen v sociální geografii. Habilitační práce je složena ze dvou vzájemně provázaných částí. První z nich představuje širší konceptuální teoreticko-metodologický úvod ke sledované problematice dopravních interakcí. Součástí této kapitoly je rovněž specifikace vlastního přínosu autora habilitační práce k této problematice. Druhá část je pak tvořena celkem osmi publikovanými studiemi autora habilitační práce, které se zaměřují na vybraná témata prostorové organizace a vývojové dynamiky dopravních interakcí v sídelním systému. Ačkoliv byl autor v době přípravy habilitační práce autorem 15 publikací s IF (a řady dalších odborných článků), z důvodu vnitřní koherence habilitační práce byly vybrány takové publikace, které nejlépe ilustrují vlastní přínos

autora ke studované problematice¹. Jednotlivé publikace představují vždy logicky ucelené celky pojednávající o parciálních charakteristikách dopravních interakcí. Všechny zařazené publikace byly publikovány výhradně v anglickém jazyce a v časopisech evidovaných v databázi Web of Science.

V úvodu habilitační práce je třeba zároveň rozlišit termíny „prostorové interakce“ a „dopravní interakce“. Na kolik je zřejmé, že se jedná o dvě vzájemně velmi provázané kategorie, je zároveň evidentní, že mezi nimi existují určité rozdíly. Obecně lze říci, že pod hojně využívaným pojmem prostorové interakce lze chápat všechny formy vztahů mezi sídly, regiony nebo zeměmi. Mezi těmito objekty probíhají různé typy interakcí, které v agregované podobě prezentují zpravidla prostorové toky osob, nákladů, informací, kapitálu nebo myšlenek (Wilson 1971; Kerkman et al. 2017; Yang et al. 2019). Tyto prostorové interakce tak mohou nabývat různých forem, ať už fyzicky realizovaných toků (např. migrace osob, dojížděka osob za prací, převoz materiálů, distribuce výrobků apod.) nebo virtuálních toků (finanční toky, informační a komunikační toky apod.). Termín dopravní interakce je pak podle názoru autora této práce určitou podskupinou obecněji chápaných prostorových interakcí, kdy se více zdůrazňuje samotný transportní prvek, resp. jedná se o ty druhy interakcí, které zprostředkovává doprava (Hesse 2009). V užším pojetí lze proto za dopravní interakce považovat ty druhy prostorových interakcí, které jsou realizovány prostřednictvím jednotlivých dopravních módů a jsou studovány s využitím dopravních dat. Často jsou proto dopravní interakce analyzovány nejen prostřednictvím pohybu osob a nákladů, ale i prostřednictvím pohybu samotných dopravních prostředků. Specifikem dopravních dat je zpravidla jejich převládající segmentový liniový charakter, narozdíl od běžně využívaných dat pro studium prostorových interakcí často v podobě origin-destination matic (viz kapitola 4). Právě tomuto užšímu pojetí dopravních interakcí je v habilitační práci věnována pozornost. Nicméně i tak lze znovu upozornit, že obě výše uvedená chápání od sebe nelze zcela striktně oddělit, v mnoha ohledech se obě tato chápání prolínají (diskuse ve Fotheringham et al. 2001). Rovněž je třeba zmínit skutečnost, že zejména v souvislosti s nástupem informačních a komunikačních technologií došlo k podstatnému nárůstu významu virtuálních interakcí (např. Kenyon et al. 2002; Kellerman 2016), nicméně fyzicky realizované (dopravní) interakce stále zůstávají klíčovými indikátory prostorové organizace společnosti (Knowles 2006; Hampl, Marada 2015).

¹ Všechny citované práce s autorským podílem habilitanta a zařazené v části B jsou v textu označeny tučně. Oproti zvyklostem v oboru jsou tyto práce citovány prostřednictvím kompletního autorského týmu, aby bylo možné jejich plné odlišení.

2. KONCEPTUÁLNÍ VÝCHODISKA STUDIA DOPRAVNÍCH INTERAKCÍ

Následující kapitoly se věnují bližšímu teoretickému a konceptuálnímu ukotvení problematiky prostorové organizace a vývojové dynamiky dopravních interakcí v sídelním systému. Pozornost je věnována obecným východiskům dopravních interakcí a zejména pak vybraným aspektům jejich studia specifikujícím tematické zaměření habilitační práce.

Nerovnoměrné rozmístění přírodních a společenských prvků v krajině způsobuje to, že geografický prostor je protkán sítí nejrůznějších vztahů, vazeb a toků. Zastřešujícím termínem pro tyto vztahy se stal termín prostorové interakce (Taylor, Openshaw 1975). Ty nabývají různých forem. Prostorové interakce lze proto identifikovat jak v přírodním prostředí (např. mořské proudy, proudění vzduchu apod.), tak v prostředí sociálním (toky osob, nákladů, informací atd.). Společným znakem takto široce definovaných prostorových interakcí je fakt, že mají zpravidla svůj počátek, konec i velikost/intenzitu. V sociálně geografickém výzkumu se nejčastěji jedná o výzkum nejrůznějších fyzických toků osob a nákladů až po virtuální toky dat a informací. Ačkoliv v dnešní době dochází k relativnímu nárůstu významu virtuálních interakcí (viz např. virtuální toky podpořené sociálními sítěmi apod.), lze oprávněně hovořit o skutečnosti, že klíčový význam pro současné studium v sociální geografii mají nadále zejména tyto fyzicky realizované interakce (Fotheringham, Webber 1980; Fotheringham, O'Kelly 1989, Rodrigue 2020). Mezi klíčová témata výzkumu prostorových interakcí v sociální geografii lze bezpochyby zařadit výzkumy migračních toků obyvatel (Willekens 1994; Rae 2009; Čermák, Janská 2011; Janská, Bernard 2015 apod.) a dojížděky obyvatel za prací a do škol (např. Plane 1981; Hincks, Wong 2010; Veneri 2010; v českém prostředí zejména Hampl et al. 1987; Sýkora, Mulíček 2009; Halás et al. 2014 apod.).

Dominanci této tematické orientace výzkumu prostorových interakcí lze zdůvodnit několika aspekty. Za prvé platí, že zejména migrace obyvatel byla, a do jisté míry stále je, jednou z hlavních forem prostorové mobility obyvatel s četnými důsledky v globální, regionální i lokální redistribuci obyvatelstva, a to v podstatě již od dob průmyslové revoluce (blíže např. Hampl 2005). Podstatný význam si zachovává výzkum migračních toků zejména na vyšších hierarchických úrovních, tedy na globální a mezinárodní úrovni (Abel, Sander 2014). Zároveň ovšem platí, že zejména v posledních desetiletích byly migrační pohyby na nižších hierarchických úrovních, mimo jiné v souvislosti s rozvojem dopravní infrastruktury a prostorové mobility obyvatel, nahrazovány cirkulačními pohyby ve formě dojížděky obyvatel za prací (viz Zelinski 1971; Jackman, Savouri 1992 apod.). Migrační a dojížděkové formy prostorových interakcí se tak staly nejfrekventovanějšími formami výzkumu. Sekundárním, nicméně neméně důležitým důvodem, je pak skutečnost, že oběma formám prostorových interakcí je věnováno relativně dost pozornosti i z hlediska oficiální statistické evidence. Právě dostupnost dat o migracích (u nás v každoroční periodě) a dojížděce obyvatel za prací a do škol

(u nás od roku 1961 jednou za deset let v rámci Sčítání lidu, domů a bytů) je jedním z klíčových důvodů relativně velké probádanosti této problematiky v mezinárodním i českém kontextu. Pozornost ostatním formám prostorových interakcí sice věnována byla, nicméně s mnohem menším důrazem. Platí to jak o vlastních dopravních interakcích, resp. interakcích založených na dopravních datech (např. Řehák 1992, viz dále), tak např. o dojížděcí obyvatel za službami (Maryáš, Řehák 1987; Kunc et al. 2012), cestování v rámci volného času a dalších formách mobility obyvatel. I o těchto prostorových interakcích platí, že se jedná o významné formy, nicméně zpravidla s nedostatečnou statistickou/prostorovou evidencí.

Z teoretického hlediska lze zdůraznit, že zásadní význam pro víceméně všechny typy prostorových interakcí má zejména doprava, neboť jako taková umožňuje jejich vznik a existenci. V procesu formování prostorových interakcí hraje klíčovou roli zejména dopravní infrastruktura. Ta umožňuje efektivní zabezpečení dopravou realizovaných vztahů v území. Právě přítomnost kvalitní a vyspělé dopravní infrastruktury je často dávána do souvislosti nejen s rostoucí intenzitou propojení míst na zemském povrchu (viz např. Velaga et al. 2012; Burghouwt, Redondi 2013; Reggiani et al. 2015), ale zejména v souvislosti s integrací ekonomických vazeb na všech hierarchických úrovních (Banister, Berechman 2001; Pedersen 2007; Pradhan et al. 2013; Zhang, Graham 2020). Dopravní interakce jakožto specifické formy prostorových interakcí mají proto zásadní význam pro studium prostorové organizace společnosti (Verhoef et al. 1997).

V sociálně geografickém výzkumu dochází ke značnému prolínání a nejednotnému pojetí dopravních/prostorových interakcí. Následující text se proto věnuje dopravním interakcím v užším pojetí, tedy prostorovým interakcím studovaných prostřednictvím dopravních dat a realizovaných jednotlivými dopravními módy. Dopravní interakce se staly vzhledem ke svému charakteru a významu v sídelním systému důležitou součástí sociálně geografických výzkumů. Dokumentovat lze například výraznou pozorností, která se problematice dopravních interakcí dostala v průběhu tzv. kvantitativní revoluce v geografii od 60. let 20. století (Kwan, Schwanen 2009; Curl, Davison 2019). Právě v tomto období vznikají první studie zaměřené na analýzu a modelování dopravních interakcí, které podstatně rozšířily obecné znalosti o prostorové organizaci dopravy a obecněji o dopravě jako specifickém fenoménu lidské činnosti. Za pomyslný vrchol zájmu o problematiku dopravních interakcí lze pak považovat období 60. a 70. let 20. století (např. Taaffe et al. 1963; Garrison, Marble 1964 a další), ve kterých jsou publikovány klíčové práce zabývající se systematickým studiem a konceptualizací dopravních (prostorových) interakcí – sem lze zařadit zejména dílo Edwarda Louise Ullmana nazvané *Geography as Spatial Interaction* (1980), ve kterém Ullman zavádí dnes již klasické teoretické koncepty komplementaritu, transferabilitu a intervenující příležitost jakožto tři základní faktory

podmiňující vznik, intenzitu a směr dopravních interakcí.² Detailní přehled vývoje konceptů dopravních interakcí podává například práce Goetz et al. (2009) nebo Chmelík (2016).

Z geografického hlediska je klíčovou otázkou zejména studium prostorové organizace dopravních interakcí. Tím je myšleno především prostorové a hierarchické uspořádání dopravních interakcí. Při studiu této problematiky lze vyjít z výše uvedených konceptuálních východisek obecných teorií prostorových interakcí (např. Klapka 2019). Vzhledem k tomu, že dopravní interakce představují nejčastější formu fyzicky realizovaných interakcí, lze zmínit i obecné faktory ovlivňující jejich prostorovou organizaci. Primárními determinanty velikosti/významu dopravních interakcí jsou proto vzdálenost, na nichž se samotné dopravní interakce realizují, a významová velikost zdrojů a cílů cest (Ullman 1980). Tyto determinanty jsou zároveň využívány i při samotném modelování dopravních/prostorových interakcí.

V klasických dopravních studiích bývala vzdálenost vyjadřována na základě prosté kilometrické vzdálenosti mezi výchozím a cílovým bodem, často v euklidovském prostoru. Většina studií v této souvislosti zmiňuje tzv. první zákon geografie (Tobler 1970), a sice, že *„všechno souvisí se vším, ale blízké věci spolu souvisejí více než věci vzdálené“*. Výhodou těchto postupů byla jednoduchost a snadná dostupnost dat sloužících pro následné analýzy. Ty našly svá uplatnění zejména při modelování dopravních interakcí (např. Dejax, Crainic 1987). Sofistikovanější přístupy pak začaly pro měření vzdálenosti využívat spíše údaje o časové dostupnosti, resp. spotřebě času nutného pro cestování mezi výchozí a cílovou lokalitou. Tato skutečnost je dána mimo jiné rostoucím významem času a jeho spotřeby v naší společnosti (viz např. koncept dopravou generované časoprostorové konvergence – Hesse, Rodrigue 2004). Příkladem mohou být četné studie zabývající se časovou dostupností center v kontextu studia dopravních interakcí (Wu, Miller 2001; Marada et al. 2013; Kraft, Nerad 2019). V novějších ekonomických teoriích je vzdálenost vyjadřována implicitně prostřednictvím dopravních nákladů (Krugman 1999; McCann 2005). Právě dopravní náklady jsou v těchto teoriích podstatnějším faktorem než jen prostá vzdálenost dvou bodů nebo jejich časová dostupnost. Ačkoliv se řada autorů shoduje, že se v posledních desetiletích jejich význam v ekonomických teoriích snižuje, platí stále, že dopravní náklady jsou jedním z klíčových atributů pro formování dopravních interakcí (Hall et al. 2006).

Význam/velikost zdrojů a cílů cest je pak druhým klíčovým determinantem prostorového uspořádání dopravních interakcí. Platí jednoduché pravidlo, a sice, větší nebo významnější

² Komplementarita je definována jako vzájemná doplňkovost, kdy si dvě místa na zemském povrchu vzájemně kompenzují své přebytky a nedostatky (například pracovní místa vs. rezidenční areály). Transferabilitou rozumíme obtížnost, s níž může být jednotka určitého zboží přepravena mezi dvěma místy. Je evidentní, že nejvýznamnější prostorové interakce budou probíhat zejména tam, kde bude doprava efektivní. Klíčovým faktorem ovlivňujícím transferabilitu je zejména vzdálenost výchozí a cílové lokality. Intervenující příležitost je vnímána jako další klíčová charakteristika ovlivňující intenzitu prostorové interakce. Platí, že intenzita pohybu nebo přepravy je přímo úměrná množství příležitostí v těchto místech a nepřímo úměrná počtu příležitostí mezi nimi.

centra generují větší počet interakcí. V praxi je tak větší intenzita interakcí mezi většími centry (městy) než mezi menšími centry (Chmelík, Marada 2014). Do tohoto jednoduchého vztahu však vstupují další faktory (polohová exponovanost sledované relace, specifika dopravní infrastruktury jednotlivých dopravních módů, časové faktory apod.). Na základě těchto aspektů lze označit studium dopravních interakcí za mimořádně komplikované. Například Kraft, Blažek (2012) zjistili podstatnou variabilitu a rozdíly v intenzitě dopravních interakcí mezi centry osídlení v Kraji Vysočina při zohlednění jednotlivých dopravních módů nebo při srovnání s obecně užívanými gravitačními modely.

Specifickým přístupem zabývajícím se dopravními interakcemi v geografii je pak jejich modelování. Jedná se o přístupy založené zpravidla na jednoduchých nebo složitějších gravitačních modelech snažících se zpravidla o nahrazení chybějících údajů o reálných dopravních vztazích v území (i), nebo o predikci budoucího vývoje dopravních intenzit na dopravní síti (ii). Zatímco první skupina prací patří k tradičním problematikám geografického studia (Řehák et al. 2009; Halás, Kraft 2016), druhý přístup je stále hojně využíván zejména v dopravním plánování (de Grange et al. 2009). Gravitační modely používané pro modelování prostorových/dopravních interakcí jsou inspirovány Newtonovým gravitačním zákonem z fyziky. Gravitační modely jsou v těchto přístupech založeny jednak na existenci Toblerova prvního zákona geografie (Tobler 1970) a jednak na výrazném frikčním odporu prostředí (impedance), který se zvyšuje spolu s rostoucí vzdáleností mezi dvěma sledovanými body. Rodrigue et al. (2020) k této problematice dodává, že modelování dopravních interakcí bývá zpravidla úvodními kroky standardních modelů zabývajících se vztahem dopravy a land use. Hlavním důvodem snižující se popularity využívání modelování dopravních interakcí z důvodu nahrazování chybějících reálných dat o dopravních vztazích v území je právě skutečnost, že v posledních dvou desetiletích došlo k podstatnému nárůstu rozsahu, množství a kvality dopravních dat založených zpravidla na přesných geolokačních technologiích.

V souvislost s paradigmatickými proměnami celé sociální geografie se rovněž ve výzkumu dopravních interakcí začala objevovat nová výzkumná témata. Mezi nimi se objevil mimo jiné výzkum časové variability, resp. rytmicity dopravních interakcí (např. Ahas et al. 2010; Cresswell 2011; Mulíček et al. 2016). Přestože se pozornost tomuto tématu věnovala již dříve v kontextu dopravního plánování, k většímu rozvoji studia rytmicity dopravních interakcí přispěly dva zásadní faktory. Prvním byly impulzy post-pozitivistických směrů geografického výzkumu (zejména geografie času), které se v geografii dopravy naplno projeví v rámci tzv. obratu k mobilitě (*mobility turn*) od 90. let 20. století (Sheller, Urry 2006; Merriman 2012).³

³ Koncept mobility turn (v zahraniční literatuře rovněž označován jako new mobilities paradigm, nebo jen new mobilities) původně vznikl z iniciativy společenskovedního výzkumu, významně však ovlivnil celou geografii, včetně geografie dopravy. Nově pojatá mobilita podle Cresswella (2011) spojuje přírodní a společenské vědy v humanitní obory; se zaměřuje na různou škálu prostorových pohybů (osob, věcí, myšlenek atd), včetně jejich percepce a imaginace. Zároveň zahrnuje problematiku dopravních/mobilitních rytmtů, relativní nepohyblivosti,

Druhým podstatným impulzem pak byl rozvoj a větší dostupnost dopravních dat. Tento rozvoj souvisel s novými technologiemi (GPS, mobilní telefony, signalizační data mobilních operátorů, inteligentní dopravní systémy apod. – viz kapitola 4). Velkým přínosem těchto dat je nejen jejich přesnost, ale zejména schopnost disagregace dat do nižších jednotek (zpravidla na úroveň geografických lokalit) a jejich individualizace (tj. schopnost popisovat individuální trajektorie pohybu).

dopravní exkluze apod. Paralelně s konceptem mobility turn lze rovněž pozorovat růst významu fenoménu času v sociálních vědách (Lefebvre 2004).

3. FUNKČNÍ DOPRAVNÍ REGIONY

Problematika funkčních regionů patří k nejvýznamnějším konceptům studia celé sociální geografie (např. Karlsson, Olsson 2006). Klíčovým atributem funkčních regionů je existence výše zmíněných vztahů (toků, vazeb) v geografickém prostoru. Ty jsou důsledkem heterogenity geografického prostoru, neboť různé sociálněgeografické jevy jsou v prostoru rozmístěny nerovnoměrně. Výsledkem toho je pak vytváření funkčních propojení jednotlivých lokalit, regionů a celého globálního systému. Tyto vztahy (toky, interakce, vazby) mají zpravidla svůj počátek, konec, směr a intenzitu. Standardně se proto funkční regiony vymezují na základě vektorových dat. Funkční regiony (v užším pojetí zejména nodální regiony) vznikají především různými interakcemi mezi jádry a jejich zázemím. Jádra představují v tomto případě místa koncentrace socioekonomických aktivit (například místa nabídky pracovních příležitostí), zatímco zázemí představuje území, ze kterého většina obyvatel vyjíždí do jádra. Zařazení určitého území do systému funkčních regionů se pak označuje jako funkční regionální taxonomie, resp. česká geografická literatura používá silně vžitý termín regionalizace (viz Klapka 2019). Jednotlivá jádra funkčních regionů si kolem sebe vytváří sféry vlivu, které se mohou vzájemně překrývat nebo naopak k sobě v některých územích vůbec nedosahují (Drobne, Bogataj 2012). Při výzkumu funkčních regionů je proto důležitá především identifikace jader, směrem k hranicím jednotlivých regionů se pak vlivem oslabování interakcí zvyšuje jejich neurčitost. Výzkum funkčních regionů se proto výrazně zaměřil na delimitaci hranic funkčních regionů. Identifikace hranic funkčních regionů a samotný proces regionalizace je generalizací, kterou se výzkumníci snaží postihnout některé aspekty komplikované geografické reality (viz např. Hampl et al. 1987). Klapka (2019) uvádí, že zásadním znakem funkčních regionů je dále jejich autonomie, interní koherence a externí uzavřenost.

Problematice funkčních regionů je věnována relativně velká pozornost u nás i ve světě, a to zhruba od 50. let 20. století (Klapka, Halás 2016). Výsadní postavení ve výzkumu funkčních regionů v sociální geografii mají především studie založené na analýzách dojížděky obyvatel za prací (Cörvers et al. 2009; Shen, Batty 2019), případně migračních pohybech obyvatel. Velmi silná tradice ve výzkumu funkčních regionů založených na dojížděce obyvatel za prací a do škol byla založena i v Česku (Šilhan 1959; Hampl et al. 1987; Řehák 1988; Hampl 2005; Toušek 2006; Sýkora, Mulíček 2009; Tonev 2013; Klapka et al. 2014) a na Slovensku (např. Bezák 2011).

Popularita funkčních regionů založených na dojížděkových vztazích však postupně klesá, a to především v souvislosti se snižující se validitou dat⁴ a snižujícím se podílem pravidelných toků

⁴ Na tyto aspekty upozorňují například Hampl, Marada (2015) při vymezování dojížděkových regionů v Česku. Zatímco SLDB v roce 2001 zahrnovalo více než 2,3 milionů vyjíždějících osob, SLDB 2011 již „pouze“ 1,5 milionů osob. Ve zmíněné studii pak došlo vlivem větší chybovosti dat k zásadním metodickým změnám. Oproti

v rámci celkové mobility obyvatelstva (viz například obsáhlá diskuze v Andersen 2002; Sohn 2005). Reakcí na tuto skutečnost bylo hledání nových zdrojů informací o pravidelných tocích obyvatel. V relativně nedávné době se proto začaly pro vymezování funkčních regionů hojně využívat přístupy založené na analýze geolokačních dat mobilních operátorů (Ahas et al. 2010; Novák 2010; Chi et al. 2016; Ouředníček et al. 2018; **Halás, Blažek, Klapka, Kraft 2021**), případně jiných geolokačních dat (např. Liu et al. 2020). Mezi další významné zdroje informací o mobilitě obyvatel a prostorových interakcích obecně pak lze zařadit i dopravní údaje, jejichž význam, frekvence zjišťování a relativní přesnost umožňuje rovněž vymezování funkčních regionů. V souladu s tvrzením Farmera a Fotheringhama (2011) totiž dochází k posunu směrem k vymezování funkčních regionů na základě sítí (tzv. *network-based* přístupy).

Tab. 1: Nejvýznamnější práce zaměřené na problematiku funkčních dopravních regionů

Autor/Publikace	Kritérium pro vymezení center	Kritérium pro vymezení hranic regionů	Regionalizační metoda
Ajo (1944)	populační velikost	intenzita silniční dopravy	odvozená
Tuominen (1949)	počet nabízených služeb	toky osob ve veřejné dopravě	základní
Green (1953)	počet autobusových spojů	intenzita veřejné dopravy	odvozená
Säntti (1954)	počet autobusových spojů	intenzita autobusové dopravy	odvozená
Godlund (1956)	počet spojů veřejné dopravy	intenzita autobusové dopravy	odvozená
Carruthers (1957)	počet spojů veřejné dopravy	intenzita veřejné dopravy	odvozená
Wróbel (1961)	počet spojů veřejné dopravy	toky osob ve veřejné dopravě	základní
Lluch (1970)	dopravní poloha	intenzita autobusové dopravy	odvozená
Hůrský (1978)	komplexní dopravní charakteristiky	intenzita veřejné a silniční dopravy	odvozená
Jordan (1995)	počet autobusových spojů	intenzita autobusové dopravy	odvozená

Zdroj: Upraveno podle Kraft, Marada (2017)

Koncept funkčních dopravních regionů, jakožto specifických sociálněgeografických regionů založených na dopravních datech, není zcela nový. Naopak, jedná se o problematiku, kterou lze v sociální geografii označit za tradiční. Přesto je v současné době marginalizovaným tématem badatelského zájmu. V průběhu několika posledních desetiletí vyvinuli badatelé různé alternativní přístupy k definici funkčních dopravních regionů (tab. 1). První práce vznikaly již v padesátých letech minulého století (Green 1958; Godlund 1956). Tito autoři dosáhli stavu, kdy se v sociální geografii začaly uplatňovat dopravní ukazatele jako jedny z klíčových metod regionalizace. V dalších desetiletích se práce zaměřené na funkční dopravní regiony na mikroregionální úrovni objevovaly méně často (Bromley a Bromley 1979; Jordan 1995;

předchozím studiím (Hampl et al. 1987 nebo Hampl 2005) tak byla při vymezování dojížděkových regionů sloučena pracovní a školská dojížděka.

Borruso 2013). V českém prostředí vynikly zejména studie Šlampa (1972) a Hůrského (Hůrský 1974; Hůrský 1978a; Hůrský 1978b). Zejména Hůrského práce byly pro autorovy studie inspirativní použitou předělovou metodou a prvním pokusem o vymezení funkčních dopravních regionů na bázi intenzity automobilové dopravy. Zmíněné studie se liší jednak použitými kritérii pro výběr center dopravních regionů, jednak samotným přístupem pro identifikaci hranic jednotlivých regionů. Na základě použitého regionalizačního kritéria lze proto považovat většinu zmíněných pokusů o vymezení funkčních dopravních regionů považovat za regionalizační metody odvozené, neboť pro delimitaci hranic využívají primárně údaje o pohybu dopravních prostředků než údaje o pohybu obyvatel.

V současnosti se tyto studie zaměřují spíše na celostátní až globální úroveň. V nedávném období bylo zároveň publikováno několik studií, které se zabývají vymezováním funkčních dopravních regionů založených na síťových analýzách (Farmer, Fotheringham 2011; Drobne, Bogataj 2012; Demsar et al. 2014; **Klapka, Kraft, Halás 2020** a další). Z výsledků předchozích studií lze dojít k několika podstatným skutečnostem, které lze považovat za zákonitosti funkčních dopravních regionů. Ty lze shrnout v následujících bodech:

1. Existuje významná korelace mezi populační velikostí center a velikostí funkčních dopravních regionů. V praxi to znamená, že velká města si obecně vytváří velká zázemí, zatímco menší města mají zázemí malá (např. Hůrský 1978a, Jordan 1995). Tento jev je samozřejmě zcela přirozený, neboť obecně platí, že větší centra jsou většinou atraktivní pro větší území. Přesto to však dokládá, že jsou dopravní interakce v prostoru rozloženy přirozeně, tj. bez významnějších nepravidelností daných například specifiky sledovaného jevu (viz např. existence center s výrazně posílenou pracovní funkcí).
2. V řídké obydlených a odlehlých oblastech jsou výraznější předpoklady k tomu, že zde vznikají mezicentra, která plní roli center dopravních regionů na nižší hierarchické úrovni (Hůrský 1978b). Tato mezicentra pak v prostoru generují výraznější strukturaci dopravních toků, což zvyrazňuje jejich pozici ve sledovaných dopravních systémech (Borruso 2013).
3. Podle výsledků řady studií (např. Green 1958, Hůrský 1978b) se prokázalo, že regiony vymezené na základě intenzity autobusové dopravy velmi výrazně korelují s regiony dojížděky za základními druhy služeb. Ta není v zahraničí ani u nás statisticky celoplošně sledována, proto někteří autoři navrhovali její nahrazení právě regiony vymezenými na základě intenzity autobusové dopravy (Jordan 1995).
4. Regiony vymezené na základě dopravních vazeb mají velmi komplexní charakter, neboť jsou v nich obsaženy všechny dopravou realizované interakce (dojížděka za prací, dojížděka za službami, cestování v rámci volného času apod.). Platí to zejména o regionech vymezených na základě osobní dopravy, kde dopravní interakce jsou skutečnými nositeli komplexních prostorových vazeb (obdobně Šlampa 1972; později např. Kraft, Vančura 2010).

Autor habilitační práce se výzkumu funkčních dopravních regionů věnuje soustavně (Kraft, Švec 2006; Kraft 2011; **Kraft, Halás, Vančura 2014** a další). Pozoruhodné je, že i přes relativně velkou pozornost věnovanou problematice vymezování funkčních regionů a dopravní regionalizaci území, nedošlo v české ani světové geografii k samotnému prosazení termínu funkční dopravní region. Tento termín byl autorem v nedávno publikovaných studiích důsledně dodržován (**Kraft, Marada 2017; Klapka, Kraft, Halás 2020; Halás, Kraft, Klapka 2020**). Výzkum se v těchto studiích soustředil zejména na dvě klíčové otázky studia funkčních dopravních regionů. První z nich jsou možnosti a metodické přístupy k vymezení funkčních dopravních regionů na základě automobilové dopravy. Druhým okruhem jsou pak možnosti využití funkčních dopravních regionů v základním i aplikovaném výzkumu. Následující text je proto věnován reflexi těchto problémových okruhů a hlavním přínosům výzkumu autora k problematice funkčních dopravních regionů.

Na základě výše uvedených prací byl autorem habilitační práce koncept funkčních dopravních regionů dále rozvíjen. Klíčovými tématy, na které jsou autorovy výzkumy zaměřeny, jsou především možnosti a principy vymezení funkčních dopravních regionů na základě automobilové dopravy. Hůrský (1978b) v této souvislosti učinil závěr, že sčítání automobilové dopravy neposkytuje dostatečné množství upínacích bodů vhodných pro předělovou metodu, a tím pro vymezení samotných regionů. Možnosti vymezení funkčních dopravních regionů na základě automobilové dopravy jsou zároveň mimořádně důležité pro prokázání jejich relevance, neboť od 90. let docházelo v Česku k postupnému nárůstu významu a dopravních výkonů automobilové dopravy ve srovnání s dopravou veřejnou (viz např. Kraft 2011). Článek **Kraft, Halás, Vančura (2014)** se zabývá analýzou dopravních interakcí v českém sídelním systému na základě údajů z Celostátního sčítání dopravy z roku 2010. Na základě zjištění o výrazné asymetrii prostorové distribuce intenzity automobilové dopravy na české silniční a dálniční síti jsou zde vymezena dopravní zázemí hlavních středisek osídlení, která jsou označena jako dopravní metropolitní regiony. Klíčové je především zjištění, že úseky s nejvyššími intenzitami automobilové dopravy přiléhají k hlavním centrům osídlení (resp. krajským městům České republiky) a mají tendenci vytvářet zřetelné nodální struktury sahající poměrně daleko od těchto regionálních metropolí. Vymezené dopravní metropolitní regiony se proto skládají z regionů, které jsou ke krajským městům integrovány mimořádně vysokými intenzitami individuální automobilové dopravy.⁵ Dopravní metropolitní regiony jsou dále porovnávány s vymezením metropolitních regionů na základě dojížděky za prací ve studii Hampl (2005). Článek dochází k závěru, že intenzitu dopravních toků lze využít jako vhodný indikátor vztahové propojenosti jednotlivých mikroregionů a lze prostřednictvím nich vymezit i nadnodální jednotky osídlení v podobě dopravních metropolitních regionů. Ty mohou být použity například jako alternativa nebo doplňkový přístup k vymezení městských zázemí, zejména v případech, kdy jsou dojížděkové toky komplikované nebo nejasné (viz například citující studie Ženka et al. 2017). Jednou z nejdůležitějších praktických aplikací dopravních

⁵ V zásadě se jedná o modifikaci konceptu funkčních urbanizovaných území (FUA) určeného k vymezování měst a jejich intenzivně ovlivňovaných zázemí (viz Sýkora, Mulíček 2009).

metropolitních regionů je usměrňování rozvoje dopravní infrastruktury v určitých regionech nebo při plánování veřejné dopravy. Vymezená dopravní zázemí totiž odráží poptávku po dopravě v metropolitních regionech.

Samotné funkční dopravní regionalizace byly provedeny v následných studiích. Funkční dopravní regiony jsou v těchto studiích vymezeny prostřednictvím identifikace tzv. lokálních minim (úseků s minimální intenzitou dopravy obklopených úseky s vyšší intenzitou dopravy), což představuje modifikaci Hůrského (1978b) metody sedlových bodů a předělových čar. Tento metodický postup se opakovaně ukázal jako mimořádně vhodný právě pro data o intenzitách dopravy na jednotlivých úsecích silnic a dálnic. Hůrského předchozí pokusy (1978a; 1978b) lze hodnotit jako neúspěšné především z důvodu nevhodně zvoleného regionalizačního postupu. Zatímco předchozí studie se často pokoušely o vymezené regionů na základě *top-down* regionalizačních procedur, ve všech studiích autora (Hornák, Kraft 2015; **Kraft, Marada 2017; Klapka, Kraft, Halás 2020**) byla důsledně uplatňována *bottom-up* regionalizační procedura⁶. Studie **Kraft, Marada (2017)** rozvíjí koncept funkčního dopravního regionu a sleduje zejména souvislosti mezi vymezenými funkčními dopravními regiony s dalšími typy regionů. Je založena na analýze výsledků Celostátního sčítání dopravy z roku 2010. Při srovnání vymezených regionů s administrativním členěním a dojížděkovými regiony dochází k závěru, že vymezené funkční dopravní regiony mají nejvyšší souvislost s regiony dojížděky do škol, resp. regiony dojížděky za službami. Obdobné výsledky vykazuje již předchozí studie Hornák, Kraft (2015) vymezující funkční dopravní regiony na Slovensku. Zároveň prokazuje, že funkční dopravní regiony jsou vhodnou metodou pro pochopení prostorové organizace dopravních vazeb na mikroregionální úrovni, neboť vhodně ilustrují výraznou polarizaci vztahů jádro-periferie, resp. jádro-hranice funkčního regionu. Tato polarizace je navíc zřetelnější než u dojížděkových vztahů. Jedna z nejnovějších studií **Klapka, Kraft, Halás (2020)** navazuje na předchozí práce s cílem vyhodnocení vývojové dynamiky dopravních interakcí prostřednictvím vymezených funkčních dopravních regionů. Studie dochází k zajímavému závěru, a sice, že ačkoliv došlo v průběhu posledních let k určitým proměnám regionálního systému České republiky, jsou vymezené funkční dopravní regiony relativně velmi stabilními jednotkami, neboť ve sledovaném období 2000–2016 došlo pouze k dílčím změnám v rozsahu a počtu dopravních regionů. Prokázaná stabilita prostorových vzorců funkčních dopravních regionů v čase je poměrně nečekaná. Výrazný nárůst intenzit osobní automobilové dopravy ve zkoumaném období se projevil především ve vnitřní struktuře funkčních dopravních regionů, zejména v prohlubující se diferenciaci podél kontinua jádro-suburbium-periferie. Tato stabilita je v kontrastu s dynamickým vývojem ostatních aspektů geografické organizace společnosti, zejména pokud jde o populační a ekonomické charakteristiky. Kromě výše uvedených zjištění byl koncept funkčních dopravních regionů unikátně využit i při vymezování funkčních regionů na globální úrovni. Studie **Halás, Kraft, Klapka (2020)** je pravděpodobně první studií vymezující funkční dopravní regiony na bázi letecké dopravy na globální úrovni. K jejich

⁶ Top-down regionalizační procedura v první fázi zjednodušeně identifikuje centra funkčních regionů, kolem nichž na základě intenzity interakcí v další fázi identifikuje hranice jednotlivých regionů. Naopak bottom-up procedura nejprve identifikuje na základě intenzity interakcí hranice jednotlivých regionů a teprve následně identifikuje jejich jádra (viz např. Karlsson, Olsson 2006).

vymezení byly využity informace o počtech letů mezi všemi světovými letišti. Výsledkem aplikace speciálního regionalizačního algoritmu bylo vymezení 11 globálních leteckých funkčních dopravních regionů, které jsou ve světovém systému letecké dopravy relativně autonomní. Nicméně prostorové vzorce a struktura těchto regionů ukazují, že současný systém letecké dopravy je velmi heterogenní a jeho popis a analýza pomocí kvantitativních metod (regionalizace, kategorizace, identifikace hierarchie) není snadná (Verma et al. 2016). Doplnkovým zjištěním je pak identifikace klíčových uzlových letišť (hubů), která plní funkci globálních center vycházející z jejich výsadní pozice v systému letecké dopravy. Funkční dopravní regiony definované na základě frekvence letecké dopravy lze porovnat s jinými makro-regionalizacemi světa. Použití originálního postupu v této oblasti přináší nový pohled na prostorovou organizaci globálních regionů a globálních sítí. Vztah mezi prostorovými interakcemi vyvolanými leteckou dopravou a jejich prostorovou organizací byl dosud poměrně málo frekventovaným tématem výzkumu (Derudder et al. 2007; Grubesić et al. 2008).

Z hlediska druhého výše uvedeného problémového okruhu, zaměřeného na využití funkčních dopravních regionů v základním i aplikovaném výzkumu, lze dojít k závěru, že možnosti využití funkčních dopravních regionů jsou poměrně široké. Funkční dopravní regiony lze díky jejich prokázané vysoké stabilitě (**Klapka, Kraft, Halás 2020**) využít jako vhodný nástroj pro analýzu, interpretaci a vizualizaci prostorové dynamiky dopravních vztahů. S ohledem na často zmiňované problémy hodnocení této dynamiky (např. Marada et al. 2010) se proto funkční dopravní regiony jeví jako vhodná platforma interpretace hlavních změn v intenzitách automobilové dopravy v Česku. Vzhledem k jejich charakteru lze rovněž zmínit i skutečnost, že funkční dopravní regiony vymezené na bázi automobilové dopravy lze využít i při konstrukci a revizi administrativního členění (viz např. **Kraft, Marada 2017** nebo Kraft, Nerad 2019). Příkladem praktického využití konceptu funkčních dopravních regionů se zabývá rovněž studie **Kraft, Halás, Klapka, Blažek (2022)**. Využívá geolokační data mobilního operátora o pohybu osob ve sledovaném území pro vymezení vnitřní struktury (zón) připravovaného integrovaného dopravního systému veřejné dopravy v Jihočeském kraji. K návrhu optimálního vymezení využívá inovativní metodu založenou na využití lokalizačních údajů z mobilních telefonů, které spolehlivě odrážejí pravidelné toky obyvatelstva. K vymezení zón nového integrovaného dopravního systému je používán regionalizační algoritmus CURDS a tzv. Smartova míru interakce. Na základě údajů o poloze z mobilních telefonů byly zjištěny značné disproporce mezi současnou organizací systému veřejné dopravy a pravidelnými toky obyvatelstva (obdobně např. Šťastná et al. 2015). Nově navržený integrovaný dopravní systém veřejné dopravy odráží současné prostorové vzorce organizace pravidelných toků obyvatelstva (De Vos, Witlox, 2013). Výsledné čtyři varianty navržených mikroregionů (zón integrovaného dopravního systému) slouží jako sofistikovaný základ pro vymezení a vnitřní strukturování nového IDS v Jihočeském kraji. Při srovnání s aktuálním návrhem tarifních zón IDS dochází studie k závěru, že specificky v sídelním systému Jihočeského kraje by tyto zóny měly být větší než v aktuálním návrhu. Studie proto navrhuje zřízení celkem 58 zón, které vhodně kopírují strukturaci dopravních toků obyvatel v Jihočeském kraji.

4. NOVÉ DATOVÉ ZDROJE VYUŽITELNÉ PŘI VÝZKUMU DOPRAVNÍCH INTERAKCÍ

Výzkum dopravních interakcí se dlouhá desetiletí omezoval na relativně velmi úzké spektrum datových zdrojů. Ty sice na jednu stranu umožňovaly vytvářet určité prostorové analýzy, nicméně řada aspektů týkajících se prostorové organizace dopravních interakcí mohla být studována pouze částečně, nebo nemohla být studována vůbec. Příkladem mohou být nepravidelné/víkendové dopravní toky, dopravní toky uvnitř jednotlivých sídel, časové aspekty dopravních toků a mnoho dalších aspektů souvisejících s celkovou mobilitou obyvatel. Absence vhodných, reprezentativních a geograficky citlivých indikátorů dopravních interakcí byla často zmiňována jako hlavní bariéra pro jejich další studium (např. Hůrský 1978; Řehák 1988 apod.). Jako příklad lze uvést například nízkou frekvenci zjišťování údajů vhodných při studiu dopravních interakcí (např. u nás viz výše zmíněné údaje ze SLDB zjišťované jednou za 10 let nebo údaje z CSD zjišťované s pětiletou periodou). Takové údaje neposkytují dostatečné informace o změnách dopravy v intercenzálním období. Problematický je rovněž agregovaný charakter dat, z nichž lze jen velmi těžko postihnout například individuální trajektorie pohybu osob nebo aspekty dopravního chování a motivy volby dopravního prostředku. Právě tyto aspekty lze považovat za klíčové při testování relevance nových dat při výzkumu dopravních interakcí.

Dobruszkes (2012) k této problematice uvádí, že pro geografické studium dopravních interakcí je nutnost získání precizních geografických a dopravních dat mimořádně důležitá. Navíc jsme za poslední dvě dekády podle stejného autora byli svědky paradoxního přechodu od absolutního nedostatku dostupných dopravních dat k současnosti, kdy naopak existuje nepřehledné množství dat o dopravě a prostorové mobilitě obyvatel, které geografové často nezvládají konvenčními metodami ani zpracovat. V obdobném duchu se vyjadřuje i Kitchin (2013), který považuje zejména nástup tzv. *big data*⁷ v dopravě za jednu z největších výzev v celé sociální geografii. *Big data* v dopravě jsou v tomto ohledu významným impulzem pro prohlubování současného stavu poznání nejen při studiu prostorové organizace dopravních interakcí. Zmíněné nové datové zdroje pro studium prostorových interakcí lze pro potřeby habilitační práce zjednodušeně rozdělit na geolokační data GPS přístrojů, lokalizační data mobilních operátorů a data z inteligentních dopravních systémů. Právě těmto třem druhům dat lze podle autora práce přisoudit mimořádný potenciál při dalším studiu klíčových aspektů dopravních interakcí. Tento potenciál vyplývá zejména ze skutečnosti, že tyto nové datové zdroje poskytují důležité informace o individuálních formách mobility a dopravního chování obyvatel, časoprostorových

⁷ Big data jsou podle Kitchina (2013) definovány jako datové zdroje s obrovským objemem, vznikají v reálném nebo téměř reálném čase, různorodého (strukturovaného i nestrukturovaného) charakteru, mají vyčerpávající rozsah, vysoké rozlišení, mají relační charakter a jsou rozšiřitelná a škálovatelná. V geografii dopravy pak představují big data obrovskou výzvu pro výzkumníky, neboť podle studie Tranosové a Mackové (2019, s. 232) „představují také příležitosti k testování hypotéz s novými daty, které mají potenciál přinést nové poznatky o klasických výzkumných otázkách napříč různými obory. Specificky to platí i pro dopravní výzkum, kde dostupnost nových zdrojů velkých dat o mobilitě, nabídce a využití dopravy představuje příležitosti k analýze dopravní infrastruktury a dopravního chování novými způsoby“.

aspektech dopravy, a mají rovněž potenciál pro vytváření dlouhodobých časových řad. Jistou výhodou je zároveň možnost jejich studia v reálném čase. Integrací těchto dat do výzkumu dopravních interakcí tak dochází k podstatnému rozšíření současného stavu poznání výzkumu dopravních interakcí (Miller, Goodchild 2015). Některé typy těchto datových zdrojů jsou navíc dnes publikovány formou tzv. *open data*, což umožňuje jejich lepší dostupnost.

Pro geografický výzkum prostorové organizace a vývojové dynamiky dopravních interakcí jsou obvykle využívána zejména agregovaná data o intenzitách dopravy. Jejich význam spočívá v poskytování klíčových informací o intenzitě dopravních proudů mezi jednotlivými lokalitami a struktuře dopravních proudů. Z metodického hlediska lze tento typ datových zdrojů rozdělit na segmentová data o dopravních intenzitách liniového charakteru a data o dopravních intenzitách na bázi *origin-destination* matic. Zatímco první typ dat poskytuje informace zejména o využití konkrétních úseků dopravní infrastruktury a není z nich znám počátek a konec jednotlivých cest, druhý typ dat zpravidla poskytuje informace o počátku a cíli jednotlivých cest, ovšem bez zohlednění průběhu konkrétní trasy. Toto klasické dilema v dopravních datech (viz např. Miller, Shaw 2015) je v posledních letech překonáváno zejména v souvislosti s rozšířením GPS přístrojů a geolokačních dat mobilních operátorů (viz dále).

Příkladem segmentových dat o dopravních intenzitách jsou již delší dobu rozšířené dopravní censy shromažďující údaje o intenzitě dopravy na konkrétním typu dopravní infrastruktury. Například v Česku jsou dostupná v rámci Celostátního sčítání dopravy prováděného od roku 1959, od roku 1980 pak v pětiletých periodách v letech končících 0 a 5. Data ze sčítání dopravy jsou součástí celoevropského sčítání silniční dopravy (tzv. E-Road Traffic Census), a slouží nejen pro zjištění intenzity dopravních proudů, ale zároveň pro prognózování dopravy, pro dopravní plánování apod. Jako takové poskytují informace o struktuře dopravních proudů a intenzitách dopravy na jednotlivých úsecích silnic. Vzhledem k relativně velkému územnímu detailu jsou proto vhodná i pro geografické výzkumy. Ačkoliv lze tento datový zdroj označit za tradiční, byl v geografickém výzkumu využíván relativně velmi málo (Holm et al. 1976; Lam et al. 2006; u nás například Hůrský 1974; Viturka 1978). Větší popularitě dat o intenzitách dopravy se dostalo v souvislosti s rozvojem GIS, které umožnily podrobnější a sofistikovanější analýzy dat (například Sarasua et al. 1999; Thill 2000; **Kraft, Marada 2017**), a v souvislosti se zaváděním automatického sčítání dopravy, které začaly poskytovat dostatečně časově citlivé informace v dlouhých časových řadách (Chen et al. 2007).

Hojně užívaným typem dat užívaným pro výzkum dopravních interakcí jsou rovněž data o intenzitě veřejné dopravy. Zejména ve státech s vysokým podílem veřejné dopravy na přepravním trhu jsou informace o intenzitě veřejné dopravy stále hojně využívaným datovým zdrojem (Cats et al. 2015; Harada et al. 2021). V českém a slovenském prostředí byl tento typ dat často využíván při studiu konektivity sídelního systému (Řehák 1992; Michniak 2008; Seidenglanz 2010; Marada et al. 2010; Hornák, Pšenka 2013) nebo hodnocení dopravní obslužnosti regionů (Seidenglanz 2007; Tesla et al. 2015). Jejich nevýhodou je zejména skutečnost, že intenzita veřejné dopravy nemusí spolehlivě odrážet toky obyvatel v prostoru, a to zejména s ohledem na specifika jednotlivých dopravních módů (např. historické aspekty formování železniční sítě) nebo s ohledem na určitá zkreslení týkající se institucionálních

faktorů organizace veřejné dopravy (např. legislativní zajištění minimální dopravní obslužnosti nebo organizací dopravní obslužnosti v hranicích administrativních jednotek).

4. 1. DATA Z GPS PŘÍSTROJŮ

Velkým impulzem pro studium dopravních interakcí a obecněji i prostorové mobility bylo postupné zavádění technologií globálních družicových polohových systémů (GPS). V dopravě našly tyto technologie široké využití zejména ve vojenské a později civilní navigaci, sledování polohy dopravních prostředků, vyhledávání potenciálních překážek v provozu či jako součást inteligentních dopravních systémů. V souvislosti s postupným uvolněním technologie GPS pro civilní účely (od roku 2000) a jejím postupným zpřesňováním⁸ tak došlo k podstatnému nárůstu množství informací o pohybech osob a nákladů v prostoru. K výzkumníkům se tak dostávají cenné informace, které jsou využívány v různých vědních disciplínách. Na jedné straně jsou tyto záznamy schopny pokrýt individuální trajektorie pohybu jednotlivých uživatelů, na druhou stranu i agregované dopravní interakce v širším území či za jednotlivé dopravní systémy. Mezi jejich další přednosti patří vysoká přesnost zaznamenaných dat nebo územní rozsah poskytovaných informací (lokální až globální úroveň).

V dopravněgeografickém výzkumu se data z GPS přístrojů začala rychle prosazovat nejen při samotném studiu prostorových pohybů obyvatel (např. Mazloumi et al. 2010; Tang et al. 2015), ale i při studiu detekce jednotlivých dopravních módů v dopravních řetězcích (Zheng et al. 2010; Feng, Timmermans 2013; Roy et al. 2022) a mnoha dalších oblastech. Specificky pak lze doložit, že zejména v souvislosti s GPS technologiemi došlo k posunu směrem k analýzám individuálních trajektorií pohybu jednotlivých osob nebo specifických skupin obyvatel (např. Shoval et al. 2010 nebo Šimon et al. 2020). Vzhledem k relativně velké dostupnosti tohoto typu dat se výzkum v poslední době zaměřil i na analýzy dopravních interakcí vycházejících z pohybu jednotlivých dopravních prostředků (např. **Halás, Kraft, Klapka 2020**).

Porovnáním klasických a moderních metod výzkumu prostorové mobility pro potřeby geografického výzkumu se zabývá článek **Kraft, Květoň, Blažek, Pojsl, Rypl (2020)**. Studie porovnává na modelovém příkladu pohybu univerzitních studentů ve městě České Budějovice přesnost a vypovídací schopnost tří technik výzkumu – cestovních deníků, GPS loggerů a aplikací mobilních telefonů využívající technologii A-GPS. Pozornost je zaměřena na analýzu prostorových vzorců mobility pomocí základních ukazatelů mobility (vzdálenost, počet denních cest, čas strávený mobilitou), cestovního chování (využívání dopravních módů) a zjišťování časoprostorových svazků ve městě. Prostřednictvím všech tří sledovaných technik výzkumu byly identifikovány čtyři hlavní časoprostorové svazky v prostoru města. Při porovnání jednotlivých technik výzkumu dochází studie k závěru, že geograficky nejpřesnější informace poskytují zejména aplikace mobilních telefonů (využívající technologii A-GPS). Ty mohou být cenným nástrojem nejen při samotném studiu dopravních interakcí v urbánním

⁸ Od roku 2018 dochází k postupnému zavádění čipů, které využívají polohový signál L5 umožňující určení polohy GPS vysílače s přesností na 30 cm.

prostředí, nicméně poskytují důležité informace o prostorové mobilitě obyvatel určitého území (preferovaný dopravní mód, preferované trasy nebo časoprostorové aspekty mobility). Na druhou stranu lze v souladu s autory Švedou a Barlíkem (2018) potvrdit, že i přes svá výrazná omezení, tradiční cestovní deníky rovněž poskytují pro studium prostorové mobility nenahraditelné informace dané například detailním rozlišením sociálních a ekonomických charakteristik jednotlivých respondentů apod.

4. 2. GEOLOKAČNÍ DATA MOBILNÍCH OPERÁTORŮ

V souvislosti s rychlým rozvojem telekomunikačních technologií v průběhu posledních zhruba dvou desetiletí došlo k podstatnému nárůstu významu geolokačních dat mobilních operátorů. Tento typ dat je hojně využíván v geografických i jiných výzkumech. Základní premisou jejich velkého významu je rozšíření vlastnictví a běžného užívání mobilních telefonů v široké populaci.⁹ Agregací záznamů trajektorií pohybu jednotlivých SIM karet mobilních telefonů (resp. samotných uživatelů) vzniká unikátní databáze prostorové mobility obyvatel určitého území.

Mezi hlavní výhody těchto dat patří jejich velký územní detail, přesnost zachycení výchozích a cílových bodů jednotlivých cest včetně jejich průběhu, schopnost popsat celkovou mobilitu obyvatel v území nebo schopnost obsáhnout velká území či velké skupiny populace (Novák 2010). Četné studie rovněž dokazují vysokou vypovídací hodnotu těchto dat, např. ve srovnání s klasickými metodami zjišťování dojížděky obyvatel za prací (např. Frías-Martínez et al. 2012; Yang et al. 2018 apod.). Geolokační data mobilních operátorů se rovněž stala hojně využívanými při stanovování tzv. přítomné populace, tedy skutečného počtu osob vyskytujících se v území v danou denní dobu (Phithakkitnukoon et al. 2012; Šveda, Barlík 2018; Kubiček et al. 2019; Nemeškal et al. 2020). Jistou výhodou je rovněž charakter poskytnutých dat, neboť geolokační data od mobilních operátorů jsou schopna poskytovat informace o segmentové intenzitě mobility obyvatel v určitém úseku (například na konkrétním úseku železnice), ale zároveň poskytovat informace v podobě *origin-destination* matic (Ahas et al. 2010). S využíváním geolokačních dat mobilních operátorů jsou však spjata i určitá omezení. Mezi hlavní omezení patří zpravidla velmi vysoké pořizovací náklady (tj. nákup od komerčních společností), právní aspekty (ochrana osobních dat) či přesnost lokalizace v odlehlých územích s nižší hustotou BTS. I přes tato omezení lze však poznamenat, že výhody těchto dat zásadně převažují nad jejich nedostatky.

Publikace **Halás, Blažek, Klapka, Kraft (2020)** přináší nové přístupy k vizualizaci dopravních toků na bázi *origin-destination* matic z geolokačních dat mobilního operátora. Ve studii jsou přehledně kartograficky vyjádřeny všechny tři základní parametry pravidelných

⁹ V principu se jedná o signalizační data, která vysílá SIM karta mobilního telefonu. Prostřednictvím signalizačních dat se SIM karta připojuje do systému pozemních přenosových antén, tzv. sítě BTS (basic transmitter stations). Jednotlivé BTS jsou schopny pokrýt prostorově omezené území a obsloužit omezený počet uživatelů. Signalizační data mobilních telefonů jsou proto schopna pokrýt prostorovou mobilitu podstatné části populace žijících v daném území.

i nepravidelných dopravních toků mezi dvojicemi geografických objektů: délka toků, jejich intenzita a poměrné rozložení obou směrů mezi dvojicemi výchozích a cílových bodů (polarizace toků). Jako vstupní informace jsou použita geolokační data o pravidelných pohybech obyvatelstva na základě lokalizace mobilních telefonů, která byla získána z celého území České republiky. Kromě vizualizace toků mezi výchozím a cílovým bodem jednotlivých cest se článek zabývá problematikou transformace těchto dat prostřednictvím aplikace dvou různých interakčních měr. Transformované toky jsou rovněž kartograficky vizualizovány a jako podkladové mapy jsou použity funkční regiony založené na příslušných interakčních mírách. Kromě toho jsou v článku vizuálně znázorněny i víkendové toky, které mají do jisté míry inverzní charakter. Studie potvrzuje mikroregionální charakter pravidelných dopravních toků obyvatel (viz např. Sýkora, Mulíček 2009) a naopak výrazně vyšší průměrnou vzdálenost pravidelných víkendových dopravních toků danou cestováním v rámci volného času.

4. 3. DATA Z INTELIGENTNÍCH DOPRAVNÍCH SYSTÉMŮ

Dosud velmi málo využívaným, avšak mimořádně perspektivním, zdrojem informací o dopravních interakcích jsou informace shromažďované v rámci inteligentních dopravních systémů. Inteligentní dopravní systémy patří k moderním informačním a komunikačním technologiím určeným k monitorování, analýze a řízení dopravy. Tyto technologie jsou dnes plně rozšířené na všech hierarchických úrovních. Využívají se jak v letecké nebo námořní dopravě, tak při osobní dopravě ve městech či nákladní dopravě uvnitř logistických areálů. Díky zavedení inteligentních dopravních systémů je doprava bezpečnější, efektivnější a šetrnější k životnímu prostředí.¹⁰ Jsou využívány hojně v městském prostředí, kde dochází ke kumulaci mnoha faktorů a situací (vysoká intenzita dopravy, vysoká hustota zalidnění, kongesce apod.) vyžadujících operativní řízení dopravních procesů (Singh, Gupta 2015). V reálném čase tak poskytují řadu informací o dopravních intenzitách, vytíženosti jednotlivých křižovatek, obsazenosti pruhů a mnoha dalších charakteristikách dopravního provozu (Qureshi, Abdullah 2013; Liu 2018). Právě poskytování tak velkého objemu dat v reálném čase, navíc zpravidla ve velkém územním detailu, je velkou výzvou pro geografické studium městské mobility (Calabrese et al. 2010; Sobral et al. 2019).

V tomto kontextu se jeví použití dat z inteligentních dopravních systémů v geografickém výzkumu jako mimořádně perspektivní. Mezi hlavní výhody jejich využívání lze zařadit schopnost dat obsáhnout relativně velká a vnitřně strukturovaná území, a schopnost vytvářet dlouhé časové řady umožňující vývojová hodnocení obecných dopravních fenoménů včetně zaměření na specifické dopravní situace (obdobně např. Borowska-Stefańska et al. 2020).

¹⁰ Inteligentní dopravní systémy zahrnují celou škálu aktorů (proměnné dopravní značky, světelná návěstidla, apod.) a senzorů (elektromagnetické, infračervené, optické a mikrovlnné detektory a videodetekční systémy). Fungují zpravidla ve vzájemně provázaných řetězcích. Prostřednictvím bezdrátových technologií odesílají nasbíraná data v reálném čase do sběrných center (např. Národní dopravní informační centrum), kde jsou data vyhodnocována a odesílána zpět ke koncovým uživatelům. Typickým příkladem praktického využití těchto dat jsou informace o kongescích, zpoždění spojů veřejné dopravy, hlášení míst dopravních nehod, automatické řízení křižovatek apod.

Oproti výše uvedeným druhům dat jsou tato data navíc relativně velmi dobře dostupná, neboť jsou pořizována pro nekomerční účely. Mezi negativy lze uvést zejména skutečnost, že ačkoliv jsou dnes například v českých městech široce zaváděny, tak jimi nejsou zpravidla pokryty všechny části měst. Jistou nevýhodou jsou zatím i omezené možnosti exportu a integrace dat s jinými socioekonomickými charakteristikami území.

Studie **Kraft, Blažek, Marada (2022)** je minimálně v českém prostředí první geografickou studií využívající data z inteligentních dopravních systémů. Jejím cílem studie je analýza denních mobilitních rytmů v městském prostředí prostřednictvím dat z inteligentních dopravních systémů. Ke studiu denních rytmů mobility byla využita data z indukčních smyček a strategických dopravních detektorů, jakožto klíčových součástí inteligentních dopravních systémů na území města České Budějovice. Článek je zaměřen na hodnocení celkových denních rytmů mobility a denních rytmů jednotlivých lokalit ve městě s cílem odhalit hlavní shody a rozdíly. Výzkum dosáhl dvou klíčových výsledků. Bylo zjištěno, že denní rytmy mobility se liší zejména v jednotlivých typech vozidel (osobní automobily, střední vozidla a dlouhá vozidla). To je způsobeno diferenciací přepravních potřeb a využívání jednotlivých dopravních módů v průběhu dne a týdne. Při hodnocení prostorových rozdílů v charakteru denních rytmů jednotlivých lokalit byly prokazatelně odhaleny relativně významné rozdíly v průběhu denních rytmů mobility v centru města, obytných zónách a nákupních zónách, což svědčí o diferencované poptávce po dopravě v jednotlivých částech města. V současné době se připravuje návazná studie, která bude tato zjištění ověřovat na příkladu jiných měst.

5. ZÁVĚR

Dopravní interakce mají mimořádný význam při studiu prostorové organizace společnosti. Prostřednictvím jejich studia jsme schopni pochopit podstatné aspekty prostorové organizace sociálních systémů, včetně jejich vývoje. Navíc dopravní interakce vhodně odrážejí aspekty prostorové organizace na všech hierarchických úrovních, tedy od úrovně lokální až po úroveň globální. Naznačené tendence studia prostřednictvím funkčních dopravních regionů jsou proto jedním z významných nástrojů pro jejich pochopení. Mimořádný význam mají i v práci diskutované nové datové zdroje, které nyní výzkumníkům umožňují do větší míry a komplexněji analyzovat a syntetizovat prostorovou organizaci a vývojovou dynamiku dopravních interakcí.

Funkční dopravní regiony jsou nejen základními stavebními kameny prostorové organizace, konektivity a hierarchického uspořádání parciálních dopravních systémů, ale zároveň komplexně rozvinutého systému sociogeografického. Je to dáno unikátní povahou dopravních interakcí, které odrážejí podstatné rysy prostorové organizace společnosti. Prokazují to výsledky publikovaných studií habilitanta. Na mikroregionální úrovni dopravní interakce, vyjádřené intenzitou automobilové dopravy, odrážejí zejména pravidelné každodenní dojížděkové vztahy, přičemž platí, že největší korelaci vykazují funkční dopravní regiony s regiony dojížděky za službami. Vzhledem k rostoucí mobilitě společnosti lze proto očekávat, že význam těchto mikroregionálních dopravních vztahů bude nabývat na svém významu (**Kraft, Halás, Vančura 2014; Kraft, Marada 2017**). To nicméně platí i o globální úrovni, kde lze studium globálního systému uzlů a sítí studovat prostřednictvím funkčních dopravních regionů vymezených na základě letecké dopravy. Přínosy publikovaných prací autora jsou v této rovině trojí. Prvním je přínos poznávací, neboť v řadě studií byl doložen unikátní charakter dopravních toků pro vymezení regionů. Zejména v případě osobní dopravy vykazují dopravní interakce, i přes deklarovaný mimořádný nárůst dopravních intenzit, stále zřetelný nodální mikroregionální charakter. Z hlediska vývojové dynamiky dopravních interakcí je pak doložena prohlubující se polarizace jádro-periferie na mikroregionální úrovni za relativně velmi vysoké stability hranic jednotlivých dopravních regionů (**Klapka, Kraft, Halás 2020**). Druhým přínosem je pak přínos metodologický, neboť v této rovině navazují autorovy publikace na metodologické aspekty vymezení funkčních dopravních regionů (např. teorie předělu viz Hůrský 1978b), které dále rozvíjí a doplňují metodami převzatými z regionální taxonomie (včetně tzv. grafových metod). Zejména zavedení a testování metody identifikace lokálních minim se ukázalo jako mimořádně vhodné pro vymezení funkčních dopravních regionů na základě dat z Celostátního sčítání dopravy (Hornák, Kraft 2015). Rovněž ověření uzavřenosti funkčních dopravních regionů prokázalo jejich relevanci podle obecných zásad vymezení funkčních regionů (Klapka 2019). Třetím zásadním přínosem je pak přínos aplikační. V řadě studií se prokázalo, že funkční dopravní regiony mohou být využívány v praxi. Platí to zejména při hodnocení vývojové dynamiky dopravních toků, kdy mohou vymezené funkční dopravní regiony sloužit jako platforma pro interpretaci hlavních změn v dopravních intenzitách. Rovněž mohou být základem pro vymezení zón integrovaných dopravních systémů, neboť jako takové primárně odrážejí poptávku po dopravě

v regionech (**Kraft, Halás, Klapka, Blažek 2022**). V neposlední řadě je třeba zmínit, že funkční dopravní regiony mají potenciál pro regionální a dopravní politiky a plánování na národní úrovni i úrovni měst a regionů.

Nové datové zdroje představují významný impulz pro další a detailnější studium dopravních interakcí a prostorové mobility osob i nákladů. Zejména v posledních dvou desetiletích došlo k podstatnému nárůstu množství informací a dat o dopravě, které zprostředkovaně odrážejí informace o prostorové mobilitě obyvatel. Jejich hlavní výhodou je zpravidla jejich velký územní detail a schopnost pokrýt relativně velké spektrum informací souvisejících s vlastní individuální mobilitou. V geografickém výzkumu se však tyto datové zdroje prosazují relativně pomalu. Jako mimořádně perspektivní, nejen pro výzkum dopravních interakcí, se jeví individualizované geolokační údaje od mobilních operátorů a data z inteligentních dopravních systémů. Jejich hlavní výhody spočívají v přesnosti, relativní dostupnosti, schopnosti poskytovat cenné informace o mobilitě ve velkém územním detailu a potenciálu pro vytváření dlouhodobých časových řad (**Kraft, Květoň, Blažek, Pojsl, Rypl 2020**). Právě v těchto datových zdrojích lze spatřovat potenciál pro budoucí výzkum nejen problematiky dopravních interakcí. Zatímco výzkum v oblasti využití geolokačních dat mobilních operátorů již poměrně výrazně pokročil (viz Ahas et al. 2010; Phithakkitnukoon et al. 2012, Yang et al. 2018), využití dat z inteligentních dopravních systémů pro účely výzkumu dopravních interakcí a prostorové mobility obyvatel je ve stále spíše svých počátcích. V tomto kontextu lze předloženou studii **Kraft, Blažek, Marada (2022)** považovat za jednu z pionýrských studií k této problematice, která mimo jiné prokázala vysokou relevanci těchto dat pro geografické výzkumy. Z hlediska poznávacího lze doložit, že data z inteligentních dopravních systémů poskytují signifikantní údaje pro studium mobilitních rytmů (viz například prokázané rozdíly v rytmitě dopravy v jednotlivých funkčních zónách měst). I přes zjevná pozitiva těchto nových dat by však nemělo zaniknout, že tradiční zdroje dat v podobě populačních nebo dopravních censů mají stále svou nezastupitelnou úlohu. Právě možnosti integrace tradičních a nových dat jsou podle názoru habilitanta jednou z největších výzev v oblasti zpracování a analýzy dopravních dat. I v tomto případě lze kromě poznávací roviny zařazených publikací zmínit přínosy metodologické i aplikační. V metodologické rovině lze zmínit zejména ověření vysokého potenciálu lokalizačních dat mobilních telefonů pro vymezování funkčních regionů na základě automatizovaných regionalizačních algoritmů (**Halás, Blažek, Klapka, Kraft 2020**). Dalším metodickým přínosem je pak nově použitá možnost vizualizace proporcionálního zastoupení prostorových toků osob v podobě inovativního zobrazení protisměrně orientovaných toků. Studie **Kraft, Květoň, Blažek, Pojsl, Rypl (2020)** dále přinesla zjištění o optimálním nastavení GPS loggerů při sběru dat v městském prostředí. Společným znakem aplikačního potenciálu nových datových zdrojů pro výzkum dopravních interakcí spočívá v jejich využití při detailním studiu dopravního/prostorového chování osob, včetně jeho časoprostorových souvislostí (například využívání jednotlivých dopravních módů v různých částech dne), což je využitelné například při vytváření koncepce dopravní obsluhy území (včetně koncipování jízdních řádů městské/veřejné dopravy).

Oba sledované fenomény v podobě funkčních dopravních regionů a nových typů dat pro výzkum dopravních interakcí budou tvořit pravděpodobnou osu budoucího výzkumného zájmu autora. V případě výzkumu funkčních dopravních regionů se bude zájem ubírat směrem k dlouhodobým trendům v analýze globální letecké dopravy a jejím změnám prostřednictvím změn v prostorové organizaci a hierarchii globálních funkčních dopravních regionů. V tomto kontextu se nabízí výzkum vlivu mimořádných situací na změny ve vztahové organizaci letecké dopravy (např. změny prostorové organizace letecké dopravy v post-covidové etapě). Výzvou pro autora bude zároveň podrobnější studium geolokačních dat a snaha o vymezení funkčních dopravních regionů na lokální úrovni. V případě využívání nových datových zdrojů se tématem budoucího badatelského zájmu pravděpodobně stanou data z inteligentních dopravních systémů, jež se pro výzkum prostorové organizace a rytmicity dopravních interakcí v urbánním prostředí jeví jako mimořádně zajímavé.

6. POUŽITÁ LITERATURA

- Abel, G.J., Sander, N. (2014): Quantifying global international migration flows. *Science*, 343, 6178, 1520-1522. <https://doi.org/10.1126/science.1248676>
- Ahas, R., Aasa, A., Silm, S., Tiru, M. (2010): Daily rhythms of suburban commuters' movements in the Tallinn metropolitan area: Case study with mobile positioning data, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 18 (1), 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2009.04.011>
- Andersen, A. (2002): Are Commuting Areas Relevant for the Delimitation of Administrative Regions in Denmark? *Regional Studies*, 36 (8), 833-844. <https://doi.org/10.1080/0034340022000012289>
- Banister, D., Berechman, Y. (2001): Transport investment and the promotion of economic growth. *Journal of Transport Geography*, 9 (3), 209-218. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(01\)00013-8](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(01)00013-8)
- Bezák, A. (2011): Komponenty rastu obyvateľstva funkčných mestských regiónov na Slovensku v rokoch 1991-2010. *Acta geographica universitatis comenianae*, 55 (2), 149-163.
- Borowska-Stefańska, M., Kowalski, M., Wiśniewski, S. (2020): Changes in urban transport behaviours and spatial mobility resulting from the introduction of statutory Sunday retail restrictions: A case study of Lodz, Poland. *Moravian Geographical Reports*, 28 (1), 29–47. <https://doi.org/10.2478/mgr-2020-0003>
- Borruso, G. (2013): A Nodal Regional Analysis of Passenger Transport in Europe. *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, 8 (4): 377–396. <http://dx.doi.org/10.1504/IJBIDM.2013.059260>
- Bromley, R., Bromley, R. (1979): Defining Central Place Systems through the Analysis of Bus Services: The Case of Ecuador. *The Geographical Journal* 145 (3), 416–436. <https://doi.org/10.2307/633211>
- Burghouwt, G., Redondi, R. (2013): Connectivity in Air Transport Networks: An Assessment of Models and Applications. *Journal of Transport Economics and Policy*, 47 (1), 35-53.
- Calabrese, F., Di Lorenzo, G., Ratti, C. (2010): Human mobility prediction based on individual and collective geographical preferences. 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Funchal, 312-317. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2010.5625119>
- Cats, O., Wang, Q., Zhao, Y. (2015): Identification and classification of public transport activity centres in Stockholm using passenger flows data. *Journal of Transport Geography*, 48, 10-22. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.08.005>
- Cörvers, F., Hensen, M., Bongaerts, D. (2009): Delimitation and Coherence of Functional and Administrative Regions. *Regional Studies*, 43 (1), 19-31. <https://doi.org/10.1080/00343400701654103>
- Cresswell, T. (2011): Mobilities I: Catching up. *Progress in Human Geography*, 35 (4), 550–558. <https://doi.org/10.1177/0309132510383348>
- Curl, A., Davison, L. (2014): Transport geography: perspectives upon entering an accomplished research sub-discipline. *Journal of Transport Geography*, 38, 100-105. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.05.018>
- Čermák, Z., Janská, E. (2011): Rozmístění a migrace cizinců jako součást sociálněgeografické diferenciace Česka. *Geografie*, 116 (4), 422–439.
- Dejax, P., Crainic, T. (1987): A Review of Empty Flows and Fleet Management Models in Freight Transportation. *Transportation Science*, 21 (4), 227-248. <https://doi.org/10.1287/trsc.21.4.227>

- Demsar, U., Reades, J., Manley, E., Batty, J.M. (2014): Edge-based communities for identification of functional regions in a taxi flow network. 8th International Conference on Geographic Information Science. Vienna.
- Derudder, B., Witlox, F. (2008): Mapping Global City Networks through Airline Flows: Context, Relevance, and Problems. *Journal of Transport Geography* 16 (5), 305–312. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2007.12.005>
- De Grange, L., Troncoso, R., Ibeas, A., González, F. (2009): Gravity model estimation with proxy variables and the impact of endogeneity on transportation planning. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43 (2), 105-116. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.07.002>
- De Vos, J., Witlox, F. (2013): Transportation policy as spatial planning tool; reducing urban sprawl by increasing travel costs and clustering infrastructure and public transportation *Journal of Transport Geography*, 33, 117-125. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.09.014>
- Dobruszkes, F. (2012). Stimulating or frustrating research? Transport geography and (un)available data. *Belgeo*, 1-2. <https://doi.org/10.4000/belgeo.7082>
- Drobne, S., Bogataj, M. (2012): Evaluating functional regions. *Croatian Operational Research Review*, 3 (1), 14-27.
- Farmer, C., Fotheringham, A. (2011): Network-Based Functional Regions. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 43 (11), 2723–2741. <https://doi.org/10.1068/a44136>
- Feng, T., Timmermans, H. (2013): Transportation mode recognition using GPS and accelerometer data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 37, 118-130. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.09.014>
- Fotheringham, A. S., Weber, M.J. (1980): Spatial Structure and Parameter of Spatial Interaction Models. *Geographical Analysis*. 2 (1), 33-46.
- Fotheringham, A.S., O’Kelly, M.E. (1989): *Spatial Interaction Models: Formulations and Applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Fotheringham, A. S., Nakaya, T., Yano, K., Openshaw, S., Ishikawa, Y. (2001): Hierarchical Destination Choice and Spatial Interaction Modelling: A Simulation Experiment. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 33 (5), 901–920. <https://doi.org/10.1068/a33136>
- Frías-Martínez, V., Soguero Ruiz, C., Frías-Martínez, E. (2012): Estimation of urban commuting patterns using cellphone network data. *UrbComp '12: Proceedings of the ACM SIGKDD International Workshop on Urban Computing*, 9-16. <https://doi.org/10.1145/2346496.2346499>
- Garrison, W., Marble, D. (1964): Factor-analytic study of the connectivity of a transportation network. *Regional Science Association, Papers XII*, 231-238.
- Godlund, S. (1956): *The Function and Growth of Bus Traffic within the sphere of Urban Influence*. Lund, Series in Human Geography, No. 18, 80 p.
- Goetz, A. (1992): Air Passenger Transportation and Growth in the U.S. Urban System, 1950–1987. *Growth and change: A journal of urban and regional policy*, 23 (2), 217-238. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2257.1992.tb00580.x>
- Goetz, A., Vowles, T., Tierney, S. (2009): Bridging the Qualitative–Quantitative Divide in Transport Geography, *The Professional Geographer*, 61 (3), 323-335. <https://doi.org/10.1080/00330120902931960>
- Green, F. (1958): Community of Interest Areas – Notes of the Hierarchy of Central Places and Their Hinterlands. *Economic Geography*, 34 (3), 210-226.
- Grubestic, T., Matisziw, T., Zook, M. (2008): Global Airline Networks and Nodal Regions. *GeoJournal* 71 (1), 53–66. <http://dx.doi.org/10.1007/s10708-008-9117-0>

- Halás, M., Klapka, P., Kladivo, P. (2014): Distance-decay functions for daily travel-to-work flows. *Journal of Transport Geography*, 35, 107-119.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.02.001>
- Halás, M., Kraft, S. (2016): Modeling and prediction of long-distance traffic flows through the example of road transport in the Czech Republic. *Scottish Geographical Journal*, 132 (1), 103-117. <https://doi.org/10.1080/14702541.2015.1084029>
- Halás, M., Kraft, S., Klapka, P. (2020): Global spatial organization of air transport: the definition of functional airline regions. *The Geographical Journal*, 186 (1), 2-15.
<https://doi.org/10.1111/geoj.12313>
- Halás, M., Blažek, V., Klapka, P., Kraft, S. (2021): Population movements based on mobile phone location data: the Czech Republic. *Journal of Maps*, 17 (1), 116-122.
<https://doi.org/10.1080/17445647.2021.1937730>
- Hall, P., Hesse, M., Rodrigue, J.P. (2006): Reexploring the interface between economic and transport geography. *Environment and Planning A*, 38, 1401-1408.
- Hámpel, M. (1971): *Teorie komplexity a diferenciace světa*. Univerzita Karlova, Praha.
- Hámpel, M., Gardavský, V., Kühnl, K. (1987): *Regionální struktura a vývoj systému osídlení ČSR*. Univerzita Karlova.
- Hámpel, M. (2005): *Geografická organizace společnosti a transformační procesy v České republice*. DemoArt.
- Hámpel, M., Marada, M. (2015): Sociogeografická regionalizace Česka. *Geografie*, 120 (3), 397–421.
- Harada, T., Birtchnell, T., Du, B. (2021): The rush of the rush hour: mobility justice for seniors on public transport in Sydney, Australia, *Social & Cultural Geography*.
<https://doi.org/10.1080/14649365.2021.1922735>
- Hesse, M., Rodrigue, J.P. (2004): The transport geography of logistics and freight distribution. *Journal of Transport Geography*, 12 (3), 171-184.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.12.004>
- Hesse, M. (2009): Cities, material flows and the geography of spatial interaction: urban places in the system of chains. *Global networks*, 10 (1), 75-91.
- Hincks, S., Wong, C. (2010): The Spatial Interaction of Housing and Labour Markets: Commuting Flow Analysis of North West England. *Urban Studies*, 47 (3), 620–649.
<https://doi.org/10.1177/0042098009349777>
- Holm, J., Jensen, T., Nielsen, S., Christensen, A., Johnsen, B., Rnby, G. (1976): Calibrating traffic models on traffic census results only. *Traffic Engineering & Control*, 17 (4), 137-140.
- Hornák, M., Pšenka, T. (2013): Verejná doprava ako indikátor medzisídelných väzieb medzi mestami Slovenska. *Geografický časopis*, 65 (2), 119-140.
- Hornák, M., Kraft, S. (2015): Functional Transport Regions in Slovakia defined by Passenger-car Traffic Flows. *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft*, 157, 109-128. <https://doi.org/10.1553/moegg157s109>
- Hubbard, P., Bartley, B., Fuller, D., Kitchin, R. (2002): *Thinking geographically: Space, theory and contemporary human geography*. Continuum, New York.
- Hůrský, J. (1974): K regionalizaci ČSR na základě výsledků sčítání silniční dopravy. *Doprava*, 16, 143-151.
- Hůrský, J. (1978a): Regionalizace České socialistické republiky na základě spádu osobní hromadné dopravy. *Studia Geographica* 59. Geografický Ústav ČSAV, Brno.
- Hůrský, J. (1978b): Metody oblastního členění podle dopravního spádu. *Rozpravy ČSAV* 88.
- Chen, A., Pravinongvuth, S., Chootinan, P., Lee, M., Recker, W. (2007): Strategies for selecting additional traffic counts for improving OD trip table estimation. *Transportmetrica*, 3 (3), 191-211. <https://doi.org/10.1080/18128600708685673>

- Chi, G., Thill, J.C., Tong, D., Shi, L., Liu, Y. (2016): Uncovering regional characteristics from mobile phone data: A network science approach. *Papers in Regional Science*, 95 (3), 613–631. <https://doi.org/10.1111/pirs.12149>
- Chmelík, J., Marada, M. (2014): Assessment of the impact of a new motorway connection on the spatial distribution and intensity of traffic flows: A case study of the D47 motorway, Czech Republic. *Moravian Geographical Reports*, 22 (4), 14–24. <https://doi.org/10.1515/mgr-2014-0020>
- Chmelík, J. (2016): Přístupy ke studiu prostorových interakcí v geografii: příklad hodnocení dopravních vazeb středisek osídlení v Česku. Disertační práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta.
- Jackman, R., Savouri, S. (1992): Regional Migration versus Regional Commuting: The Identification of Housing and Employment Flows. *Scottish Journal of Political Economy*, 39 (3), 272–287.
- Janská, E., Bernard, J. (2015): Koncentrační, či dekoncentrační procesy? Faktory ovlivňující vnitřní migraci imigrantů v Česku. *Geografie*, 120 (4), 585–602.
- Jordan, P. (1995): Functional regions in East-central Europe defined on the basis of the frequency of public bus traffic. *Geografický časopis*, 47 (1), 9–15.
- Karlsson, C., Olsson, M. (2006): The identification of functional regions: theory, methods, and applications. *Annals of Regional Science* 40, 1–18. <https://doi.org/10.1007/s00168-005-0019-5>
- Keeling, D. J. (2007). Transportation geography: new directions on well-worn trails. *Progress in Human Geography*, 31(2), 217–225. <https://doi.org/10.1177/0309132507075370>
- Kellerman, A. (2016): *Daily Spatial Mobilities: Physical and Virtual*, Routledge.
- Kenyon, S., Lyons, G., Rafferty, J. (2002): Transport and social exclusion: investigating the possibility of promoting inclusion through virtual mobility. *Journal of Transport Geography*, 10 (3), 207–219. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(02\)00012-1](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(02)00012-1)
- Kerkman, K., Martens, K., Meurs, H. (2017): A multilevel spatial interaction model of transit flows incorporating spatial and network autocorrelation. *Journal of Transport Geography*, 60, 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.02.016>
- Kitchin, R. (2013). Big data and human geography: Opportunities, challenges and risks. *Dialogues in Human Geography*, 3 (3), 262–267. <https://doi.org/10.1177/2043820613513388>
- Klapka, P., Halás, M., Erlebach, M., Tonev, P., Bednář, M. (2014): A multistage agglomerative approach for defining functional regions of the Czech Republic: The use of 2001 commuting data. *Moravian Geographical Reports*, 22 (4), 2–13. <https://doi.org/10.1515/mgr-2014-0019>
- Klapka, P., Halás, M. (2016): Conceptualising patterns of spatial flows: five decades of advances in the definition and use of functional regions. *Moravian Geographical Reports*, 24 (2), 2–11. <https://doi.org/10.1515/mgr-2016-0006>.
- Klapka, P. (2019): *Regiony a regionální taxonomie: koncepty, přístupy, aplikace*. UP, Olomouc.
- Klapka, P., Kraft, S., Halás, M. (2020): Network based definition of functional regions: a graph theory approach for spatial distribution of traffic flows. *Journal of Transport Geography*, 88, 102855. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102855>
- Knowles, R. (2006). Transport shaping space: differential collapse in time-space. *Journal of Transport Geography*, 14 (6), 407–425. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.07.001>
- Knowles, R.D., Shaw, J., Docherty, I. (eds.) (2008): *Transport Geographies: Mobilities, Flows and Spaces*. Blackwell Publishing: Malden, MA, USA.
- Kraft, S., Švec, P. (2006): Dopravně geografické regiony Karlovarského kraje a jejich aplikace v prostředí GIS. *Miscellanea geographica*, 12, 63–72.

- Kraft, S., Vančura, M. (2010): Transport concentration areas and their relations to the spatial organization of society: a case study of the Czech Republic. *Geografický časopis*, 62 (4), 279-291.
- Kraft, S. (2011): Aktuální změny v dopravním systému České republiky: geografická analýza. Disertační práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta.
- Kraft, S., Blažek, J. (2012): Spatial interactions and regionalisation of the Vysočina Region using the gravity models. *AUPO Geographica*, 43 (2), 65 - 82.
- Kraft, S., Halás, M., Vančura, M. (2014): The delimitation of urban hinterlands based on transport flows: A case study of regional capitals in the Czech Republic. *Moravian Geographical Reports*, 22 (1), 24-32. <https://doi.org/10.2478/mgr-2014-0003>
- Kraft, S., Marada, M. (2017): Delimitation of Functional Transport Regions: Understanding the Transport Flows Patterns at the Micro-regional Level. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 99 (1), 79-93. <https://doi.org/10.1080/04353684.2017.12917412>
- Kraft, S., Nerad, J. (2019): Administrative boundaries, transport accessibility and functional relations: A critical review of administrative regions in the Czech Republic from a spatial perspective. *Transylvanian Review of Administrative Sciences*, 56 (1), 60-76. <https://doi.org/10.24193/tras.56E.4>
- Kraft, S., Květoň, T., Blažek, V., Pojsl, L., Rypl, J. (2020): Travel diaries, GPS loggers and Smartphone applications in mapping the daily mobility patterns of students in an urban environment. *Moravian Geographical Reports*, 28 (4), 259-268. <https://doi.org/10.2478/mgr-2020-0019>
- Kraft, S., Blažek, V., Marada, M. (2022): Exploring the daily mobility rhythms in an urban environment: Using the data from intelligent transport systems. *Geografie*, 127 (2), 127-144. <https://doi.org/10.37040/geografie.2022.004>
- Kraft, S., Halás, M., Klapka, P., Blažek, V. (2022): Functional regions as a platform to define integrated transport system zones: The use of population flows data. *Applied Geography*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102732>
- Krugman, P. (1999): The Role of Geography in Development. *International Regional Science Review*, 22 (2), 142–161. <https://doi.org/10.1177/016001799761012307>
- Kunc, J., Frantál, B., Tonev, P., Szczyrba, Z. (2012): Spatial patterns of daily and non-daily commuting for retail shopping: The case of the Brno City, Czech Republic. *Moravian Geographical Reports*, 20 (4), 39–54.
- Kwan, M.P., Schwanen, T. (2009): Quantitative Revolution 2: The Critical (Re)Turn. *The Professional Geographer*, 61 (3), 283-291. <https://doi.org/10.1080/00330120902931903>
- Kubíček, P., Konečný, M., Stachoň, Z., Shen, J., Herman, L., Řezník, T., Staněk, K., Štampach, R., Leitgeb, Š. (2019): Population distribution modelling at fine spatio-temporal scale based on mobile phone data, *International Journal of Digital Earth*, 12 (11), 1319-1340. <https://doi.org/10.1080/17538947.2018.1548654>
- Lefebvre, H. (2004): *Rhythmanalysis: Space, time and everyday life*. Paris.
- Liu, Y. (2018): Big Data Technology and Its Analysis of Application in Urban Intelligent Transportation System, 2018 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City, 17-19. <https://doi.org/10.1109/ICITBS.2018.00012>
- Mazloumi, E., Currie, G., Rose, G. (2010): Using GPS Data to Gain Insight into Public Transport Travel Time Variability. *Journal of Transportation Engineering*, 136 (7). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000126](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000126)
- Marada, M., Květoň, V., Vondráčková, P. (2010): *Doprava a geografická organizace společnosti v Česku*. Česká geografická společnost, Praha.

- Marada, M., Květoň, V., Mattern, T., Štych, P., Hudeček, T. (2013): Accessibility patterns: Czech Republic case study. *Europa XXI*, 24, 61-76.
<http://dx.doi.org/10.7163/Eu21.2013.24.5>
- Maryáš, J., Řehák, S. (1987): Soupis sociálně geografických regionů ČSSR. *Zprávy Geografického ústavu ČSAV*, 24 (2), 41-58.
- McCann, P. (2005): Transport costs and new economic geography, *Journal of Economic Geography*, 5 (3), 305–318. <https://doi.org/10.1093/jnlecg/lbh050>
- Merriman, P. (2012): *Mobility, Space and Culture*. Routledge, London.
<https://doi.org/10.4324/9780203842102>
- Michniak, D. (2008): Medzinárodné väzby jednotlivých okresov Slovenska na báze priamych dopravných prepojení. *Geografický časopis*, 60 (1), 45-61.
- Mitze, T., Kosfeld, R. (2022): The propagation effect of commuting to work in the spatial transmission of COVID-19. *Journal of Geographical Systems*, 24, 5–31.
<https://doi.org/10.1007/s10109-021-00349-3>
- Miller, H.J., Goodchild, M.F. (2015): Data-driven geography. *GeoJournal*, 80, 449–461.
<https://doi.org/10.1007/s10708-014-9602-6>
- Miller, H.J., Shaw, S.L. (2015): Geographic Information Systems for Transportation in the 21st Century. *Geography Compass*, 9 (4), 180-189. <https://doi.org/10.1111/gec3.12204>
- Mulíček, O., Osman, R., Seidenglanz, D. (2016): Time–space rhythms of the city—The industrial and postindustrial Brno. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 48(1), 115–131. <https://doi.org/10.1177/0308518X15594809>
- Nemeškal, J., Ouředníček, M., Pospíšilová, L. (2020): Temporality of urban space: daily rhythms of a typical week day in the Prague metropolitan area. *Journal of Maps*, 16 (1), 30-39.
- Novák, J. (2010): lokalizační data mobilních telefonů: možnosti využití v geografickém výzkumu. Disertační práce. Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje PřF UK.
- Ouředníček, M., Nemeškal, J., Špačková, P., Hampl, M., Novák, J. (2018): A synthetic approach to the delimitation of the Prague Metropolitan Area, *Journal of Maps*, 14 (1), 26-33, <https://doi.org/10.1080/17445647.2017.1422446>
- Pedersen, P. (2007): The role of freight transport in economic development: An analysis of the interaction between global value chains and their associated transport chains. Danish Institute for International Studies (DIIS), Copenhagen.
- Phithakkitnukoon, S., Smoreda, Z., Olivier, P. (2012): Socio-Geography of Human Mobility: A Study Using Longitudinal Mobile Phone Data. *PLoS ONE*, 7 (6), e39253.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039253>
- Plane, D. (1981): The geography of urban commuting fields: some empirical evidence from New England. *The Professional Geographer*, 33 (2), 182-188.
<https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1981.00182.x>
- Pradhan, R., Bagchi, T. (2013): Effect of transportation infrastructure on economic growth in India: The VECM approach. *Research in Transportation Economics*, 38 (1), 139-148.
<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.05.008>
- Qureshi, K., Abdullah, A. (2013): A Survey on Intelligent Transportation Systems. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 15 (5), 629-642.
<https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.15.5.11215>
- Rae, A. (2009): From spatial interaction data to spatial interaction information? Geovisualisation and spatial structures of migration from the 2001 UK census. *Computers, Environment and Urban Systems*, 33 (3), 161-178.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2009.01.007>

- Reggiani, A., Nijkamp, P., Lanzi, D. (2015): Transport resilience and vulnerability: The role of connectivity. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 81, 4-15.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.12.012>
- Rimmer, P. J. (1978): Redirections in Transport Geography. *Progress in Human Geography*, 2 (1), 76–100. <https://doi.org/10.1177/030913257800200105>
- Rimmer, P. J. (1986). *Transport Geography*. *Progress in Human Geography*, 10 (3), 397–406.
<https://doi.org/10.1177/030913258601000304>
- Rodrigue, J.P. (2020): *The Geography of Transport Systems*. Routledge, London.
- Roy, A., Fuller, D., Nelson, T., Kedron, P. (2022): Assessing the role of geographic context in transportation mode detection from GPS data. *Journal of Transport Geography*, 100, 103330. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103330>
- Řehák, S. (1988): Dojíždka v ČSSR na úrovni dojíždčkových regionů i v mezistřediskovém pojetí. *Sborník Československé geografické společnosti*, 93 (3), 169–182.
- Řehák, S. (1992): Sídelně dopravní model ČSFR a jeho územní souvislosti. *Geografický časopis* 44 (1), 59–72.
- Řehák, S., Halás, M., Klapka, P. (2009): Několik poznámek k možnostem aplikace Reillyho modelu. *Geographia Moravica* 1, 47–58.
- Sarasua, W., Simas de Oliveira, M. G., Carroll, B., Troemel, D. (1999): Traffic Impact Analysis by Using Geographic Information System Technology. *Transportation Research Record*, 1660 (1), 84–91. <https://doi.org/10.3141/1660-11>
- Schwanen, T. (2019): Transport geography, climate change and space: opportunity for new thinking. *Journal of Transport Geography*, 81, 102530.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102530>
- Seidenglanz, D. (2007): *Dopravní charakteristiky venkovského prostoru*. Disertační práce, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta.
- Seidenglanz, D. (2010): Transport relations among settlement centres in the eastern part of the Czech Republic as a potential for polycentricity. *AUC Geographica*, 45 (1), 75-89.
<https://doi.org/10.14712/23361980.2015.58>
- Seidenglanz, D., Taczanowski, J., Król, M., Horňák, M., Nigrin, T. (2021): Quo vadis, international long-distance railway services? Evidence from Central Europe. *Journal of Transport Geography*, 92, 102998. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.102998>.
- Shaw, J., Hesse, M. (2010). Transport, geography and the “new” mobilities. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 35 (3), 305–312. <http://www.jstor.org/stable/40890989>
- Shen, Y., Batty, M. (2019): Delineating the perceived functional regions of London from commuting flows. *Environment and Planning A*, 51 (3), 547-550.
<http://dx.doi.org/10.1177/0308518X18786253>
- Sheller, M., Urry, J. (2006): The New Mobilities Paradigm. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 38 (2), 207–226. <https://doi.org/10.1068/a37268>
- Shoval, N., Auslander, G., Cohen-Shalom, K., Isaacson, M., Landau, R., Heinik, J. (2010): What can we learn about the mobility of the elderly in the GPS era? *Journal of Transport Geography*, 18 (5), 603-612. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.03.012>
- Singh, B., Gupta, A. (2015): Recent trends in intelligent transportation systems: A review. *Journal of Transport Literature*, 9 (2), 30-34. <https://doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v9n2a6>
- Sobral, T., Galvão, T., Borges, J. (2019): Visualization of Urban Mobility Data from Intelligent Transportation Systems, *Sensors*, 19 (2), 1-28. <https://doi.org/10.3390/s19020332>
- Sohn, J. (2005): Are commuting patterns a good indicator of urban spatial structure? *Journal of Transport Geography*, 13 (4), 306-317. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2004.07.005>

- Sýkora, L., Mulíček, O. (2009): The micro-regional nature of functional urban areas (FUAs): lessons from the analysis of the Czech urban and regional system, *Urban Research & Practice*, 2 (3), 287-307, <https://doi.org/10.1080/17535060903319228>
- Šilhan, B. (1959): Některé teoretické a praktické problémy meziměstské dojížděky do práce. *Politická ekonomie*, 9, 888–909.
- Šimon, M., Vašát, P., Daňková, H. (2020): Mobilities and commons unseen: spatial mobility in homeless people explored through the analysis of GPS tracking data. *GeoJournal* 85, 1411–1427. <https://doi.org/10.1007/s10708-019-10030-4>
- Šlampa, O. (1972): K pojetí a způsobu vymezení dopravních oblastí. *Scripta Fac. Sci. Nat. UJEP Brunnensis, Geographia*, 1 (2), 19-28.
- Šťastná, M., Vaishar, A., Stonawská, K. (2015): Integrated transport system of the South-moravian region and its impact on rural development. *Transportation Research Part D*, 36, 53-64. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.02.012>
- Šveda, M., Barlík, P. (2018): Daily commuting in the Bratislava metropolitan area: case study with mobile positioning data. *Papers in Applied Geography*, 4 (4), 409-423. <https://doi.org/10.1080/23754931.2018.1540357>
- Taaffe, E. J., Morrill, R. L., Gould, P. R. (1963): Transport expansion in underdeveloped countries: A comparative analysis. *The Geographical Review*, 53, 503–29.
- Tang, J., Liu, F., Wang, Y., Wang, H. (2015): Uncovering urban human mobility from large scale taxi GPS data. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 438, 140-153. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2015.06.032>.
- Taylor, P.J., Openshaw, S. (1975): Distance decay in spatial interactions. *Concepts and techniques in modern geography*.
- Tesla, J., Horák, J., Ivan, I. (2015): Četnosti spojení veřejnou dopravou mezi obcemi v krajích České republiky. *Perner's Contacts*, 10 (3), 176–184.
- Thill, J.C. (2000): Geographic information systems for transportation in perspective, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 8 (1), 3-12. [https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(00\)00029-2](https://doi.org/10.1016/S0968-090X(00)00029-2)
- Tobler, W. (1970): A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46, 234-240.
- Tonev, P. (2013): Změny v dojížděce za prací v období transformace: komparace lokálních trhů práce. *Disertační práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta*.
- Toušek, V. (2006): Influence of labour commuting on hinterlands of the Czech agglomerations: contemporary trends. *AUPO Geographica*, 39, 95-110.
- Tranos, E., Mack, E. (2019): Big data: A new opportunity for transport geography? *Journal of Transport Geography*, 76, 232-234. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.08.003>.
- Ullman, E. (1980): *Geography as Spatial Interaction*. University of Washington Press, Seattle, London.
- Urry, J. (2016): *Mobilities: New Perspectives on Transport and Society*. Routledge, New York.
- Velaga, N., Beecroft, M., Nelson, J. D., Corsar, D., Edwards, P. (2012): Transport poverty meets the digital divide: accessibility and connectivity in rural communities. *Journal of Transport Geography*, 21, 102-112. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.12.005>
- Veneri, P. (2010): Urban Polycentricity and the Costs of Commuting: Evidence from Italian Metropolitan Areas. *Growth and Change*, 41 (3), 403-429. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2257.2010.00531.x>
- Verma, T., Araújo, N. A. M., Nagler, J., Andrade, J. S., Herrmann, H. J. (2016): Model for the growth of the world airline network. *International Journal of Modern Physics C*, 27, 1–6. <https://doi.org/10.1142/S0129183116501412>

- Verhoef, E. T., van den Bergh, J. C. J. M., Button, K. J. (1997): Transport, Spatial Economy, and the Global Environment. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 29 (7), 1195–1213. <https://doi.org/10.1068/a291195>
- Viturka, M. (1978): Prognóza rozvoje silniční dopravy v Jihomoravském kraji. *Zprávy GGÚ ČSAV*, 15 (2-3), 46-48.
- Wheeler, J.O. (1997): Quantitative analysis and GIS in urban geography: Then and now. *Urban Geography*, 18 (2), 95-99. <https://doi.org/10.2747/0272-3638.18.2.95>
- Willekens, F. (1994): Monitoring International Migration Flows in Europe: Towards a Statistical Data Base Combining Data from Different Sources. *European Journal of Population*, 10 (1), 1-42. <https://www.jstor.org/stable/20164678>
- Wilson, A. G. (1971). A Family of Spatial Interaction Models, and Associated Developments. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 3 (1), 1–32. <https://doi.org/10.1068/a030001>
- Wu, Y.H., Miller, H.J. (2001): Computational tools for measuring space-time accessibility within dynamic flow transportation networks. *Journal of Transportation and Statistics*, 4 (2, 3), 1-14.
- Yang X, Fang Z, Yin L, Li J, Zhou Y, Lu S. (2018): Understanding the Spatial Structure of Urban Commuting Using Mobile Phone Location Data: A Case Study of Shenzhen, China. *Sustainability*. 10 (5), 1435. <https://doi.org/10.3390/su10051435>
- Yang, X, Fang, Z., Xu, Y., Yin, L., Li, J., Lu, S. (2019): Spatial heterogeneity in spatial interaction of human movements—Insights from large-scale mobile positioning data. *Journal of Transport Geography*, 78, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.05.010>
- Zelinsky, W. (1971): The Hypothesis of the Mobility Transition. *The Geographical Review*, 61 (2), 219-249.
- Zhang, F., Graham, D. J. (2020): Air transport and economic growth: a review of the impact mechanism and causal relationships, *Transport Reviews*, 40 (4), 506-528. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1738587>
- Zheng, Y., Chen, Y., Li, Q., Xie, X., Ma, W. (2010): Understanding transportation modes based on GPS data for web applications. *ACM Trans. Web* 4 (1), 36. <https://doi.org/10.1145/1658373.1658374>
- Ženka, J., Pavlík, A., Slach, O. (2017): Resilience of metropolitan, urban and rural regions: a Central European perspective. *GeoScape*, 11 (1), 25-40. <https://doi.org/10.1515/geosc-2017-0003>

B. PUBLIKOVANÉ STUDIE

1. **Kraft, S.**, Halás, M., Vančura, M. (2014): The delimitation of urban hinterlands based on transport flows: A case study of regional capitals in the Czech Republic. *Moravian Geographical Reports*, 22 (1), 24-32. <https://doi.org/10.2478/mgr-2014-0003> (autorský podíl 70 %)
2. **Kraft, S.**, Marada, M. (2017): Delimitation of Functional Transport Regions: Understanding the Transport Flows Patterns at the Micro-regional Level. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 99 (1), 79-93. <https://doi.org/10.1080/04353684.2017.12917412> (autorský podíl 70 %)
3. Klapka, P., **Kraft, S.**, Halás, M. (2020): Network based definition of functional regions: a graph theory approach for spatial distribution of traffic flows. *Journal of Transport Geography*. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102855> (autorský podíl 40 %)
4. Halás, M., **Kraft, S.**, Klapka, P. (2020): Global spatial organization of air transport: the definition of functional airline regions. *The Geographical Journal*, 186 (1), 2-15. <https://doi.org/10.1111/geoj.12313> (autorský podíl 40 %)
5. **Kraft, S.**, Halás, M., Klapka, P., Blažek, V. (2022): Functional regions as a platform to define integrated transport system zones: The use of population flows data. *Applied Geography*. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102732> (autorský podíl 50 %)
6. **Kraft, S.**, Květoň, T., Blažek, V., Pojsl, L., Rypl, J. (2020): Travel diaries, GPS loggers and Smartphone applications in mapping the daily mobility patterns of students in an urban environment. *Moravian Geographical Reports*, 28 (4), 259-268. <https://doi.org/10.2478/mgr-2020-0019> (autorský podíl 50 %)
7. Halás, M., Blažek, V., Klapka, P., **Kraft, S.** (2021): Population movements based on mobile phone location data: the Czech Republic. *Journal of Maps*. <https://doi.org/10.1080/17445647.2021.1937730> (autorský podíl 25 %)
8. **Kraft, S.**, Blažek, V., Marada, M. (2022): Exploring the daily mobility rhythms in an urban environment: Using the data from intelligent transport systems. *Geografie*, 127 (2), 127-144. <https://doi.org/10.37040/geografie.2022.004> (autorský podíl 60 %)