



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

Stavebná fakulta

Meno a priezvisko:

Ing. Marek Braniš

Autoreferát dizertačnej práce:

Využitie smartfónov na účely dopravných prieskumov vo verejnej
doprave

na získanie akademického titulu:

philosophiae doctor – PhD.

v doktorandskom študijnom programe:

Teória a konštrukcie inžinierskych stavieb

v študijnom odbore:

stavebníctvo

Forma štúdia:

denná

Miesto a dátum:

Bratislava, 28.10.2023



Dizertačná práca bola vypracovaná na:

Katedre dopravných stavieb, Stavebnej fakulty STU v Bratislave

Predkladateľ:

Ing. Marek Braniš

Katedra dopravných stavieb

Stavebná fakulta, STU v Bratislave

Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Školiteľ:

doc. Ing. Andrea Zuzulová, PhD.

Katedra dopravných stavieb

Stavebná fakulta, STU v Bratislave

Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Autoreferát bol rozoslaný dňa:

**Obhajoba dizertačnej práce sa bude konať dňa h na
Katedre dopravných stavieb Stavebnej fakulty STU v Bratislave,
Radlinského 11, 810 05 Bratislava.**

.....

prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.

dekan Stavebnej fakulty STU v Bratislave

OBSAH

1	ÚVOD	4
2	Ciele a tézy dizertačnej práce	5
3	Prehľad súčasného stavu riešenej problematiky	6
4	Možnosti komplexného riešenia dopravných prieskumov vo VHD	9
5	Mobilný telefón ako zdroj údajov o polohe obyvateľstva	11
6	Projekt Big Data v organizácii ROPID Praha	16
7	Využitie výsledkov projektu v podmienkach mesta Bratislava	19
8	Analýza a zhodnotenie výsledkov	21
9	Záver	23
10	Odporúčania pre ďalší výskum	25
	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	27
	ZOZNAM PUBLIKAČNEJ ČINNOSTI A OHLASOV AUTORA	28

1 ÚVOD

Jedným zo základných problémov dopravného sektora na Slovensku je dlhodobý nepriaznivý vývoj deľby prepravnej práce v prospech cestnej dopravy, a to predovšetkým individuálnej (neverejnej) dopravy [1], [2]. Na tomto mieste treba podotknúť, že s podobným problémom sa stretávajú aj okolité európske krajiny s obdobným ekonomickým vývojom. Riešením by bolo globálne zmeniť pohľad na vlastníctvo automobilu z pohľadu ľudských potrieb. To sa však neudeje zo dňa na deň, práve naopak. Súčasná generácia ekonomicky aktívnych ľudí je príliš zvyknutá na vlastníctvo a používanie osobného automobilu a preto zmena prístupu k používaniu osobného automobilu je pre ňu skôr nereálnou. Od vzniku samostatnej Slovenskej Republiky v roku 1993 evidujeme nárast počtu registrovaných osobných vozidiel s čím súvisí aj nárast individuálnej automobilovej dopravy. K 07/2023 dosiahol počet registrovaných osobných automobilov na Slovensku číslo 2 620 803 ks.

Nárast individuálnej automobilovej dopravy a cestnej dopravy ako celku možno ilustrovať aj na ukazovateľoch stupňa automobilizácie a motorizácie, tzn. počtu osobných automobilov, resp. cestných motorových vozidiel, na jedného obyvateľa Slovenska. Zatiaľ čo v roku 1995 pripadal 1 osobný automobil na viac ako 5 obyvateľov, v roku 2014 to bolo 2,78 obyvateľa a v roku 2019 dokonca 2,279 obyvateľa. Jedným zo zásadných parametrov, ktoré majú vplyv na nárast individuálnej automobilovej dopravy, je zvyšujúca sa životná úroveň obyvateľstva a rastúce nároky na kvalitu prepravy. Kvalita životnej úrovne ale nesúvisí priamo s vlastníctvom osobného automobilu. Vyplýva z elementárnej ľudskej potreby presúvať sa. Je definovaná dostupnosťou k cieľom - miesto bydliska, zamestnanie, služby, atď. V očiach ľudí je vlastníctvo automobilu

nesprávne považované za jeden z atribútov kvality životnej úrovne. Z ekonomického, a vo vybraných prípadoch, aj z časového hľadiska, to ale nie je dostatočný argument pre kvalitu životnej úrovne, keďže dostupnosť k cieľom možno zabezpečiť aj inými, priestorovo a ekonomicky, menej náročnejšími spôsobmi dopravy, ktoré majú podstatne menej negatívny dopad na životné prostredie. Posledné roky sme svedkami investícia nemalej energie aj finančných prostriedkov do skvalitňovania verejnej hromadnej dopravy [6]. Pre kvalitný návrh a optimalizáciu dopravnej infraštruktúry atraktívnej VHD je kľúčová znalosť medzioblastných vzťahov v rámci záujmového územia.

2 Ciele a tézy dizertačnej práce

V písomnej práci k dizertačnej skúške boli stanovené nasledujúce tézy dizertačnej práce:

- Overiť efektívnosť súčasne využívaných nástrojov zberu údajov pri dopravných prieskumoch zameraných na VHD.
- Analyzovať možnosti agregácie údajov o polohe SIM kariet v kratších časových intervaloch, s cieľom priblížiť sa časovým intervalom rádiových prenosov medzi vozidlami a dispečerskými pracoviskami.
- Analyzovať možnosti spájania nameraných údajov zo systémov APC vo vozidlách, ktoré sú po úprave interpretované v kapitole 6.2. s údajmi o pohybe SIM kariet.
- Analyzovať možnosti priradenia údaje o polohe SIM karty na konkrétnu dopravnú infraštruktúru resp. konkrétnemu dopravnému prostriedku, s cieľom nahradiť súčasné vozové a profilové dopravné prieskumy.
- V spolupráci s ROPID experimentálne overiť možnosti náhrady vozových a profilových prieskumov prostredníctvom analýzy pohybov SIM

kariet a následne prípadná implementácia do praxe prostredníctvom referenčných vozidiel VHD, na ktorých bude prebiehať testovanie zberu a párovania údajov.

- Vytvorenie metodiky pre výkon dopravných prieskumov zameraných na VHD, ktorá by vedela byť zahrnutá do novelizácie TP 102, prípadne poslúžiť ako podklad pre vznik nového TP.

3 Prehľad súčasného stavu riešenej problematiky

Kým pre cestnú dopravnú infraštruktúru všeobecne sú základným kvalitatívnym parametrom návrhu pre extravilán aj intravilán spracované výsledky dopravných prieskumov ktoré presne kategorizuje technický predpis TP 102 [5]. Pre infraštruktúru verejnej hromadnej dopravy TP 102 [5] nie je celkom aplikovateľný, nakoľko uvažuje o vozidle VHD len ako o vozidle určitých rozmerových a jazdných charakteristík bez toho, aby sa bližšie zaoberal zisťovaním jeho skutočnej obsadenosti. Rozsah a priebeh dopravných prieskumov týkajúcich sa vozidiel VHD, resp. ich cestujúcich, je preto podriadený potrebám konkrétneho subjektu vykonávajúceho prieskum bez akejkoľvek metodiky stanovenej technickým predpisom. V našich podmienkach prebieha zber údajov prevažne manuálne a ich analýza analogicky. V súčasnosti vykonávané dopravné prieskumy vo VHD možno podľa vzťahu k riešenému územi, podľa zisťovaných charakteristík a podľa rozsahu zisťovania, rozdeliť do 3 základných kategórii:

1. profilové prieskumy (hladinové): na danej zastávke zaznamenáva pracovník údaje o počte cestujúcich (príjazd, výstup, nástup, čas odjazdu), spravidla všetkých prechádzajúcich spojov do prieskumného hárku,

2. vozové prieskumy: pracovník sa v rámci prieskumu prepravuje vo vozidle a na každej zastávke zaznamenáva do priloženého formulára údaje o počtoch cestujúcich (príjazd, výstup, nástup, čas odjazdu). Týmto spôsobom sa dlhodobomerali obsadenosti vybraných spojov na linkách, prípadne obsadenosť všetkých spojov danej linky.

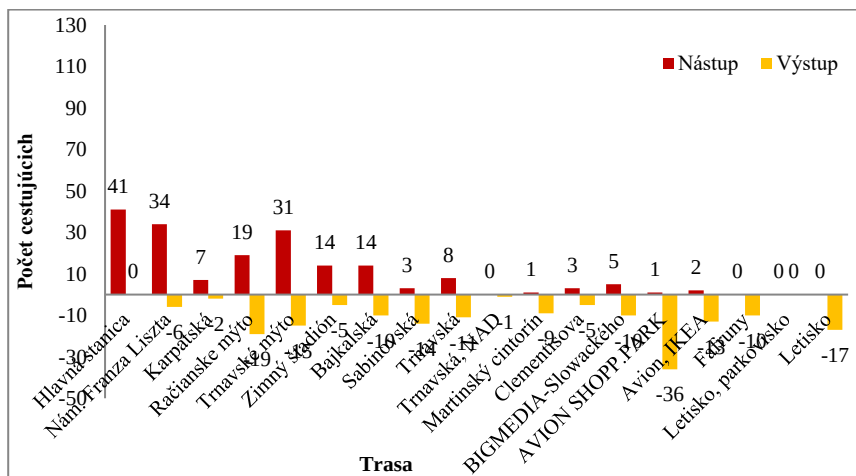
3. skladba cestovných dokladov vo vozidle VHD: pracovník zapisuje do prieskumného hárku jednotlivé druhy cestovných dokladov vo vozidle VHD. Vo vlakoch sa tieto prieskumy často vykonávajú aj v spolupráci s vlakovou čatou a pri spojoch MHD v spolupráci s revízormi.

Zásadný problém v porovnaní s dopravnými prieskumami zameranými na IAD je skutočnosť, že je ich možné len veľmi ťažko zautomatizovať, pričom akákoľvek automatizácia v tomto smere predstavuje vždy len akýsi kompromis pri získavaní údajov o pohyboch cestujúcich. Potreba tieto prieskumy automatizovať je ale opodstatnená, keďže personálne nároky na kvalitné vykonanie dopravných prieskumov vo VHD sú vysoké. Rovnako náročné je aj samotné spracovanie prieskumom získaných údajov, čím je dotknutá ich aktuálnosť, ktorá priamo ovplyvňuje analytické výstupy, na základe ktorých sa systém VHD optimalizuje. V súčasnosti sú bežne aplikované dva spôsoby automatizácie [4]:

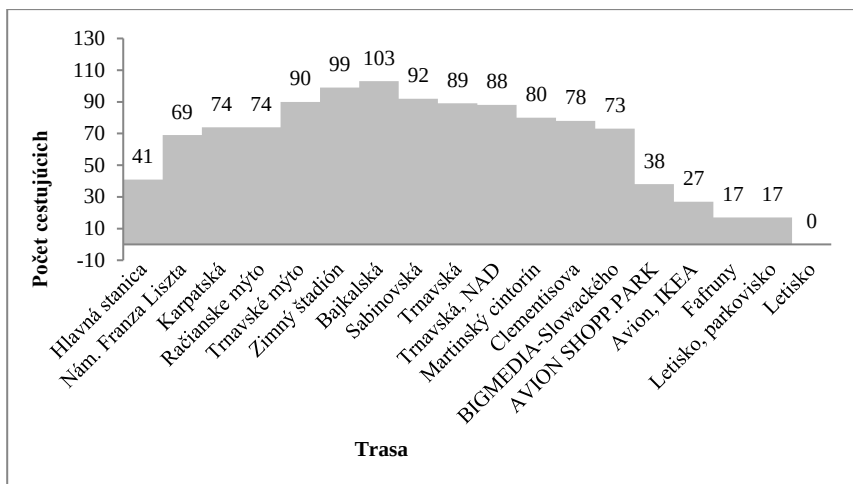
- Váženie cestujúcich
- APC systémy, sčítavajúce nastúpených a vystúpených cestujúcich vo dverách vozidla

Z uvedených automatizovaných spôsobov získavania údajov vyplývajú ich limity, spočívajúce v stanovení prepravných potenciálov. Predovšetkým ide o to, že na základe princípu ich fungovania umožňujú operovať len s hodnotou nastúpených a vystúpených cestujúcich na

príslušných zastávkach (obr. 3.1) z ktorých je možné dopočítať celkovú obsadenosť spoja po jeho trase (obr.3.2), pričom vykonávané prieskumy sú závislé na aktuálnom linkovom vedení MHD. Z toho vyplýva, že sa zachytí len dopravné správanie osôb využívajúcich MHD. Na základe týchto údajov potom nemožno stanoviť celkové objemy ciest realizovaných medzi zdrojmi a cieľmi [7],[8]. Vo výsledku tak nevieme stanoviť celkový prepravný potenciál liniek a spojov v jednotlivých reláciách medzi zdrojom a cieľom. Znalosť týchto informácií je dôležitá na optimálny návrh systému verejnej hromadnej dopravy, pretože reprezentuje reálne dopravné správanie obyvateľstva. V posledných rokoch sme svedkami zvyšujúcimi sa nárokmi na mobilitu v kombinácii s dynamickými zmenami na území. Tieto potreby korešpondujú s cieľmi, aby bol systém MHD atraktívnou alternatívou k IAD a aby sa naplnili globálne ciele posilnenia konkurencieschopnosti MHD.



Obr.3.1: Graf nastúpených a vystúpených cestujúcich, linka 61, trasa Hlavná stanica - Letisko



Obr.3.2: Graf obsadenosti spoja, linka 61, trasa Hlavná stanica - Letisko

4 Možnosti komplexného riešenia dopravných prieskumov vo VHD

V rámci strategických plánovacích dokumentov dopravnej politiky SR aj EU [1], sa začína klásť dôraz aj do oblasti otvorených údajov, tzv. Open Data, za účelom podporiť vznik nových metód zberu údajov o pohybe obyvateľstva, ktoré by oproti existujúcim metódam, integrovali databázové základne mapujúce aktuálny a reálny pohyb obyvateľstva na záujmovom území. Je zrejmé, že pôjde o veľké súbory údajov, ktoré nemožno spracovať tradičnými softvérovými prostriedkami - tzv. Big Data. V praxi ide o produkciu údajov s nepredvídateľnou štruktúrou a obrovským objemom.

Technológia Big Data sa za posledné roky postupne presúva z experimentálnej pozície do pozície, v ktorej jej význam rastie a to vo viacerých oblastiach života, pričom vychádza z osvedčených princípov

počítačového spracovania údajov a ďalej ich rozvíja pomocou moderných softvérových nástrojov. Pri nájdení vhodného zdroja pre zber dát by jej prínos pri dopravnom plánovaní vedel byť nesporný. Oproti jestvujúcim metódam by takýto systém vedel integrovať dátové základne mapujúce aktuálny a reálny pohyb obyvateľstva v záujmovom území. To by umožnilo nové možnosti identifikácie prepravných vzťahov pre plánovanie VHD. V rámci dizertačnej práce som sa v rámci hľadania vhodných zdrojov dát zamerlal na agregované údaje od mobilných operátorov, pričom cieľom bolo zistiť limity týchto údajov a nájsť prienik medzi informačnou hodnotou týchto dát a požiadavkami dopravného inžinierstva. Zadefinoval som 4 základné atribúty, ktoré pre využitie metódy Big Data musia byť splnené. Tie sú:

1. určenie a charakteristika prítomných osôb

- určenie počtu osôb v danej územnej jednotke,
- zaradenie do typových skupín,
- vývoj počtu prítomných obyvateľov v čase,

2. matica prepravných vzťahov

- kvantita prepravných vzťahov
- miera mobility - možnosti kvalitatívnej alebo kvantitatívnej schopnosti premiestňovať sa zo zdroja do cieľa, v záujmových územiach v rôznych časoch
- určenie dopravného správania osôb na základe početnosti ich výskytu

3. deľba prepravnej práce pri jednotlivých prepravných vzťahoch

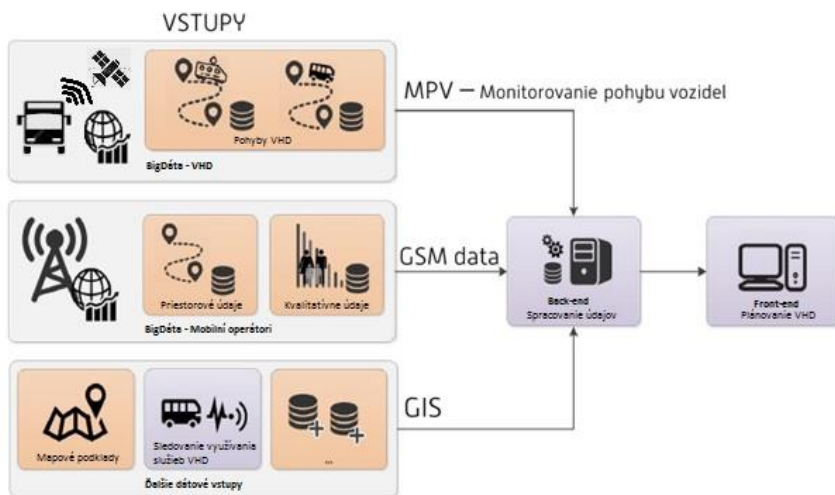
- stanovenie podielu jednotlivých dopravných prostriedkov IAD/MHD/peší/cyklisti

- stanovenie jednotlivých prepravných vzťahov v matici prepravných vzťahov

4. priradenie trasy na cestnú sieť

- priradenie jednotlivých druhov dopravy na jestvujúcu sieť komunikácií
- zaťaženie jednotlivých úsekov siete
- kartogramy dopravy pre prestupné uzly

Uvažované zdroje dát sú zreteľné z obr. 4.1.



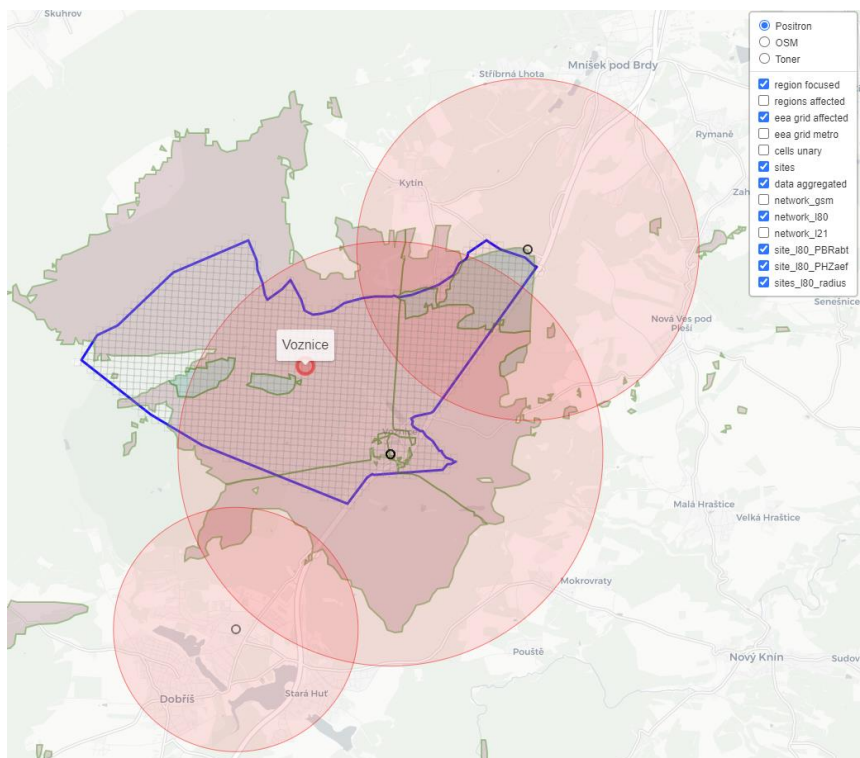
Obr. 4.1 Schéma zdrojov pre získanie údajov

5 Mobilný telefón ako zdroj údajov o polohe obyvateľstva

GSM resp. Globálny systém mobilných komunikácií je najpopulárnejší svetový štandard pre mobilné telefóny. Telefóny GSM používa viac ako 5 miliárd ľudí vo viac než 200 krajinách. Rozšírenosť

štandardu GSM umožňuje vďaka „roamingovým dohodám“ medzi mobilnými operátormi uskutočňovať roamingové hovory. GSM sa od svojich predchodcov výrazne líši v tom, že obidva kanály, signalizačný aj hlasový, sú digitálne, vďaka čomu dostal označenie mobilný systém druhej generácie (2G). Táto skutočnosť takisto znamenala, že už hneď v začiatkoch systém GSM umožňoval aj dátovú komunikáciu. GSM je otvorený štandard, ktorý je v súčasnosti vyvíjaný podľa 3GPP. 3GPP je projektová spolupráca medzi skupinami telekomunikačných asociácií v záujme vytvoriť globálne aplikovateľnú špecifikáciu tretej generácie mobilných telefónnych systémov [9].

Mobilná sieť je zložená z tzv. buniek. Ide o územie, ktoré je obsluhované dosahom vysielača konkrétnej sieťovej technológie na konkrétnu frekvenciu. Každý vysielač má obmedzený dosah a môže tak pokryť len obmedzenú časť vytýčeného územia. O konkrétnej podobe tvaru bunky, teda územia, z ktorého sa mobilný telefón pripojí k vysielaču rozhoduje frekvencia, typ siete, typ mobilného telefónu, pre určité technológie aj počet užívateľov súčasne pripojených na daný vysielač, atď. Veľkosť buniek sa pohybuje v rozmedzí desiatok a stoviek metrov štvorcových v intraviláne miest, po desiatky kilometrov štvorcových v extraviláne. Najbližšiu aproximáciu tvaru bunky poskytuje mobilný operátor vo forme máp pokrytia. Jedná sa o schematicky vyznačené geografické územie na mape, ktoré je v ideálnom prípade podľa modelu a merania mobilného operátora pokryté konkrétnym vysielačom, pozri obr. 5.1.



Obr. 5.1 Príklad polomerov vysielateľov s vybranou sieťou LTE 800

Mapami pokrytia disponujú mobilní operátori, pričom tie sa v čase líšia pre každú mobilnú sieť a pre každú sieťovú technológiu. Niektoré sieťové technológie sú celoplošné, teda pokrývajú celé územie štátu, zatiaľ čo iné nepokrývajú celé územie, ale iba vybrané územia či regióny. Napríklad LTE siete sú iba vo veľkých mestách a ich okolí. Existujú teda miesta, ktoré sú pokryté viacerými typmi sieťovej technológie a miesta kde dominuje GSM a FDD. Kým typy sietí FDD, resp. GSM reprezentujú 1G, resp. 2G siete ktoré fungujú na princípe klasických rádiových

komunikačných vlín a slúžia na hlasové telekomunikačné služby, siete typu LTE reprezentujú nový bezdrôtový komunikačný štandard, pričom ide o siete typu 3G a vyššie. Siete LTE podporujú len prenos dát, kým GSM podporuje rovnako dátové aj hlasové služby. To je jeden z dôvodov prečo sa mobilný telefón v rámci svojej aktivity nevyhnutne musí prepínať medzi jednotlivými typmi sietí. V tabuľke 5.1 sú uvedené orientačné polomery možnej lokalizácie pre jednotlivé typy sietí.

Tab.5.1 orientačné polomery možnej lokalizácie v závislosti od vybraných typov telekomunikačnej siete

Typ siete	2G (GSM)	3G (LTE)	4G (LTE)	5G (LTE)
Použitie	Extravilán	Intravilán	Intravilán	Zatiaľ nerozšírená
Efektívny rádius	cca 5 km	od 150 m	od 100 m	rádovo metre

V súčasných mobilných GSM sieťach môže operátor vypočítať, kde sa konkrétny mobilný telefón nachádza, ak je pripojený do siete. Táto schopnosť vyplýva z možnosti triangulácie. Technicky ide o sledovanie a porovnávanie sily signálu, ktorý vysielajú od sledovaného mobilného telefónu dostávajú. Možno vypočítať jeho približnú polohu. Presnosť závisí na niekoľkých faktoroch, predovšetkým na použitej technológii triangulácie a od počtu vysieláčov, ktoré signál prijímajú. Pokiaľ má v sebe mobilný telefón vloženú batériu a SIM kartu, neexistuje spôsob ako sa dá takémuto sledovaniu polohy vyhnúť. Toto sledovanie môže ale vykonávať len správca GSM siete, teda mobilný operátor, ktorému zákon ukladá povinnosť tieto údaje aj zhromažďovať. Tieto údaje môže operátor poskytnúť na vyžiadanie napríklad bezpečnostným zložkám. Tu je ale nevyhnutné spomenúť fakt, že možnosť triangulácie sa z povahy a rôznorodosti obilných sietí vie týkať len konkrétnej SIM karty, resp. konkrétnej malej množiny SIM kariet. Pokiaľ ide o veľké množiny SIM

kariet, operátor vie zo siete stanoviť počet SIM kariet, ktoré sa nachádzajú v konkrétnej bunke BTS. Nie však ich konkrétne miesto v rámci bunky. V praxi mobilní operátori uchováajú o používateľoch údaje o polohe ich mobilného telefónu z troch zdrojov:

1. CRD (Call record dáta) - základom pre zber údajov je samotná aktivita mobilného telefónu:

- podmienené aktívnymi operáciami typu hovor, SMS či dátový prenos,
- počet udalostí rádovo jednotky až desiatky kusov za deň pre 1 SIM kartu,
- časová presnosť rádovo hodiny až dni,
- geopresnosť v závislosti od typu siete, rádovo 100 m až km.

2. Signalizačné dáta - údaje, ktoré mobilný telefón odosiela operátorovi v náhodných časových intervaloch, bez ohľadu na jeho aktivitu:

- network updaty z pasívnej lokalizácie bez interakcie užívateľa,
- počet udalostí rádovo desiatky až stovky kusov za deň pre 1 SIM kartu,
- časová presnosť rádovo minúty až hodiny,
- geopresnosť v závislosti od typu siete, rádovo 100 m až km.

3. GPS - údaje získané prostredníctvom agregátora, najčastejšie aplikácie, ktorá údaje o polohe používateľa zhromažďuje a následne ich uvoľní tretej strane. Nevyhnutným predpokladom musí byť povolenie funkcie lokalizácie GPS a pripojenie telefónu na internetovú sieť:

- počet udalostí rádovo desiatky až stovky kusov za deň pre 1 SIM kartu,
- časová presnosť rádovo sekundy,
- geopresnosť rádovo metre.

6 Projekt Big Data v organizácii ROPID Praha

Projekt, ktorého zámer vznikol v organizácii ROPID Praha. Tá je koordinátorom verejnej hromadnej dopravy v oblasti Prahy a Stredočeského kraja. Do projektu som vstúpil v rámci medzinárodného programu Erasmus+ od 01.03.2019 . V čase môjho nástupu sme dokončovali súťažné podklady pre verejné obstarávanie pre výber dodávateľa systému. Z hľadiska projektovania verejnej dopravy sme očakávali najväčšie prínosy projektu v presnejšej znalosti pohybu osôb v území (komplexný pohľad na prepravné prúdy), v jeho smerovaní a v identifikácii potenciálu dopytu po verejnej hromadnej doprave v jednotlivých územiach, prípadne trasách. Predmetom projektu bol návrh, vývoj, pilotné overenie, implementácia a následná dodávka softwarového systému podporujúceho optimalizáciu nastavenia systému dopravnej obsluhy v prostredí verejnej hromadnej dopravy.

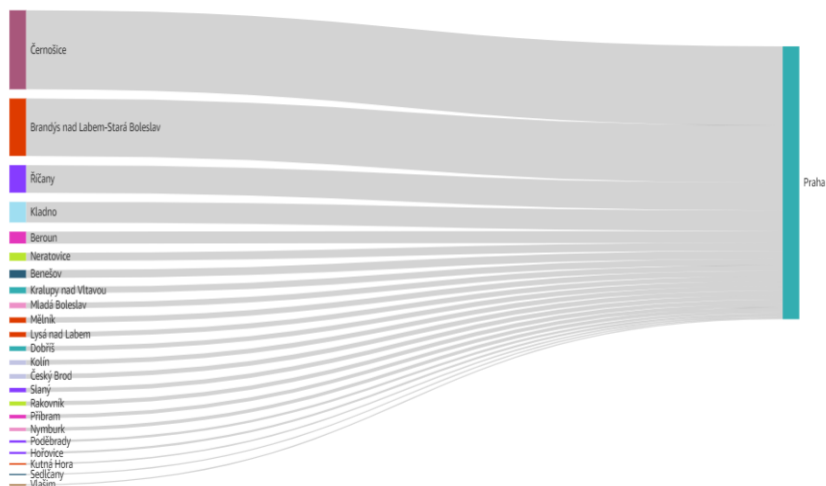
Zadefinované ciele projektu:

1. Určenie a charakteristika prítomného obyvateľstva – Určenie počtu obyvateľov (skupín obyvateľstva) v danej územnej jednotke a vývoj počtu prítomného obyvateľstva v čase.
2. Matica prepravných vzťahov – Sila prepravných vzťahov medzi jednotlivými územiami v rôznych časoch.
3. Deľba prepravnej práce (modal-split) – Určenie podielov typu dopravy (verejná doprava vs. individuálna doprava vs. cyklisti vs. chodci) a jednotlivých prepravných vzťahov v matici.
4. Významné miesta pre pohyb obyvateľov – Určenie typického dopravného správania na základe početnosti výskytu (bydlisko/práca/škola/volnočasové aktivity).

5. Priradenie trasy na dopravnú sieť a z toho generovanie ďalších údajov – Jednotlivé zaznamenané cesty by mali byť priradené na dopravnú sieť (optimálne všetky druhy dopravy, minimálne verejná doprava a automobilová doprava). U verejnej dopravy z toho získame:
- a) zaťaženie jednotlivých úsekov siete verejnej dopravy (pentlogram celej siete aj jej vybraných častí), v prípade možností aj obsadenosť jednotlivých konkrétnych spojov na základe znalosti GPS súradníc pohybu konkrétneho spoja,
 - b) obraty cestujúcich v jednotlivých zastávkach a staniach,
 - c) Silu prestupných väzieb.

Výsledné riešenie malo zabezpečiť, že na základe vhodných vstupných dát, vo vhodnej štruktúre a potrebnej granularite, sa na základe vytvorených softvérových nástrojov pracujúcich podľa vytvorených softvérových metodík budú generovať výstupné dátové produkty spĺňajúce požiadavky relevantných podkladov pre efektívne plánovanie verejnej hromadnej dopravy a udržateľnej mobility [10]. V rámci projektu sa využili signalizačné dáta mobilných operátorov zo sietí T-Mobile a O2. Predspracovanie týchto dát do vhodne agregovaných záznamov spĺňajúcich parametre požadovanej anonymizácie sa realizovalo už na strane mobilných operátorov. Dátové transakcie v toku signalizačných dát boli generované v reálnom čase zo všetkých druhov sietí (2G, 3G, LTE800, LTE1800, LTE 2100 a LTE2600). Tieto dáta boli následne spracované v rámci back-office na strane mobilných operátorov do podoby vhodne agregovaných vstupných údajov, ktoré boli privedené do front-office v štruktúre podľa metodiky popisujúcej požiadavky na výstupy tak, aby bolo možné naplniť požiadavky projektu.

Hoc sa nepodarilo naplniť všetky zadané ciele, inovatívnosť projektu spočívala v získaní verného obrazu o mobilite obyvateľstva pri rešpektovaní medzi predpokladaných hodnôt atribútov území zisťovaných prostredníctvom ČSÚ, Ministerstva dopravy ČR, prípadne ďalších organizácií štátnej správy, samosprávy, prípadne firiem. Hlavným výstupom bol softvér, ktorý slúži na sprostredkovanie agregovanej informácie o prepravnom dopyte medzi akýmkoľvek párom základných územných jednotiek na území ČR v časovom členení jednotlivých dní. Výstupom softwaru boli údaje o sile jednotlivých prepravných vzťahov medzi zvolenými územnými jednotkami a to buď v tabelárnej, alebo v grafickej forme prostredníctvom tzv. Sankey diagramov (obr. 6.1).



Obr. 6.1 Sankey diagram pre dochádzku do Prahy z okolitých územných jednotiek

7 Využitie výsledkov projektu v podmienkach mesta Bratislava

Cieľom bolo preveriť možnosti využitia signalizačných údajov získaných na základe agregovaných dát z pohybu SIM kariet. Tieto údaje som mal získané pre územie Bratislavy, pričom išlo o agregáciu údajov na základe jednotlivých mestských častí. Pre zlučovanie údajov a následné rozdelenie do zón som upravil metodiku použitú v projekte Big Data v pražskej organizácii ROPID. Nakoľko zdrojové údaje vychádzajúce z CRD dát neobsahovali informáciu o presnej polohe, pohybe, či rýchlosti pohybu zachytenej SIM karty, deľbu prepravnej práce nebolo možné jednoznačne zistiť. Preto sa na uvedené údaje vieme pozrieť len ako na pohybujúci sa celok, ktorý možno matematicky rozdeliť na základe v UGD [3] zistenej deľby prepravnej práce pre mesto Bratislava, ktorý je v pomere IAD vs. VHD 54:46.

Je nevyhnutné uviesť, že som takto dostal len teoreticky získanú hodnotu, ktorá je navyše zovšeobecnená a plošne aplikovaná pre všetky vzťahy medzi zvolenými mestskými časťami. V súčasnosti ale neexistuje iný spôsob ako deľbu prepravnej práce z týchto zdrojových údajov stanoviť. Rovnako nebolo možné zo zdrojových údajov stanoviť špičkovú hodinu, pričom je evidentné že medzi dvojicou vybraných územných jednotiek nebude špičková hodina vždy v rovnakom čase. Pre účely analýzy prepravných vzťahov som zvolil pevný 60-minutový interval v čase 7:00 až 8:00 hod. Ten nahrádzal presne stanovenú špičkovú hodinu. Pre tento interval som sa následne zaoberal implementáciou dát na jednotlivé spoje v sieti liniek VHD. Pôvodný cieľ bol snažiť sa počty SIM kariet v hodine roz distribuovať v územnej jednotke a priradiť ich k jednotlivým zastávkam v území. Tu sa stala komplikáciou hustá sieť liniek MHD a malá vzdialenosť zastávok. Kombináciou týchto faktorov vznikajú v každej z vybraných mestských častí desiatky až stovky zastávok, čo pre priradenie

údajov predstavuje značný problém a pri teoretickom prístupe matematickým delením opäť len vzrast chybovosti celkového výsledku.

Kedže zdroj a cieľ cesty sú územia ktoré sú v danom prípade definované na úrovni mestských častí, vhodnejšou voľbou bolo údaje z pohybov SIM kariet nepriradovať k zastávkam, ale ku konkrétnym spojom resp. súborom spojov. Tieto spoje možno potom posudzovať z hľadiska ich hodinovej kapacity ako celok pri trase z ich zdroja do cieľa. Zároveň na základe jazdných časov jednotlivých spojov vieme určiť časový interval, za ktorý spoj preklenie územie medzi zdrojovou územnou jednotkou a cieľovou územnou jednotkou. Pritom z pohľadu údajov z matice prepravných vzťahov vieme skonštatovať hypoteticky možnú minimálnu obsadenosť spoja pri jazde medzi zdrojovou a cieľovou územnou jednotkou.

Hoci primárne nevieme z telekomunikačných dát určiť presné zastávky nástupu a výstupu cestujúcich, na základe uvedeného by už mohlo byť možné zaoberať sa štandardami kvality a dimenzovaním kapacity jednotlivých spojov v zmysle stanovenej tzv. normálnej obsaditeľnosti jednotlivých kategórii vozidiel, ktorými som sa zaoberal v úvodných kapitolách dizertačnej práce. Zároveň stále existuje ako zdroj údajov aj systém počítania cestujúcich vo dverách vozidla. Ak by cieľom malo byť zistenie počtu cestujúcich na konkrétnej zastávke, je bez pochyby lepšie použiť tento zdroj údajov. Pre priradenie k spojom sa zvolili prepravné vzťahy medzi mestskými časťami, ktoré sa dajú jednoznačne realizovať za použitia konkrétnej linky. Samozrejme, nie vždy je toto možné jednoznačne určiť, nakoľko ponuka spojov v rámci mestskej časti je široká. Cieľom ale bolo zamerať sa na priame linky spájajúce mestské časti a na nosné linky, premávajúce v krátkych časových intervaloch. Dá sa teda s vysokou pravdepodobnosťou predpokladať, že

ak by niekto cestoval medzi nami zvolenými mestskými časťami, musel by uvedenú linku, resp. jednu z uvedených liniek, použiť.

8 Analýza a zhodnotenie výsledkov

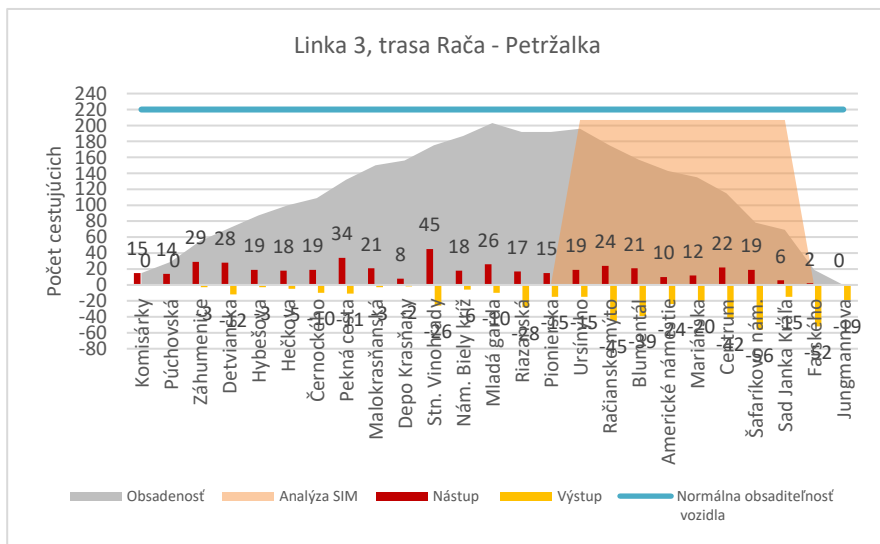
Z tabelárnych a grafických výstupov (tab 8.1. a obr. 8.1.) bol zreteľný rozdiel medzi údajmi získanými na základe systému automatického počítania cestujúcich, ktorý je inštalovaný vo vozidlách, s údajmi získanými z analýz pohybu SIM kariet, ktoré by teoreticky mali prislúchať ceste zo zdroja do cieľa prostredníctvom verejnej hromadnej dopravy. Kým šedá oblasť grafu reprezentuje len sumárnu hodnotu počtu nastúpených a vystúpených cestujúcich na jednotlivých zastávkach bez akéhokoľvek ohľadu na zdroje a ciele jednotlivých zaznamenaných cestujúcich, oranžovou je práve vyjadrený počet „cestujúcich“ SIM kariet medzi zdrojom a cieľom. Teoreticky by sa táto oblasť dala označiť aj za „prepravný potenciál“ danej linky, pokiaľ by šlo o jediné dopravné spojenie medzi zdrojom a cieľom. V tomto kontexte sa jednotlivé analyzované linky od seba výrazne líšia. Vyťaženosť väčšiny liniek bola aj v špičkovej hodine pod hodnotou tohto potenciálu.

Zaujímavé je tabelárne porovnanie hodnoty získanej z analýzy SIM kariet a priemernej obsadenosti vozidla medzi zdrojom a cieľom, tj. práve na úseku, ktorý reprezentuje hodnota z analýzy SIM kariet. Tu sa jednotlivé linky líšili, v hodnotách cca od 4% až po vyše 300%. Ako ale bolo už uvedené, vstupné okrajové podmienky pri analýze SIM kariet vzišli z viacerých kompromisných riešení a preto dimenzovať kapacitu vozidiel, alebo interval medzi spojmi na základe dosiahnutého výsledku by bolo neuvážené. Tabelárne a grafické zobrazenie ale poskytuje uchopiteľný náhľad na problematiku s relevantným porovnaním interpretácie údajov získaných z rôznych zdrojov pri implementovaní na rovnakú vzťažnú

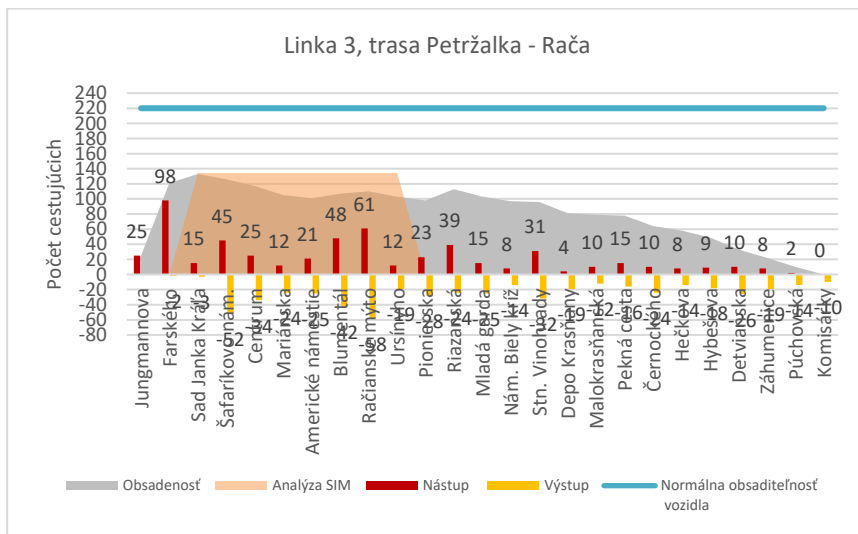
rovinu, ktorú v tomto prípade tvorí trasa spojov. Na obrázkoch 8.1. a 8.2. sú v grafickej forme zobrazené hodnoty obsadenosti priemerného spoja električkovej linky č.3.

Tab. 8.1 Analýza prepravných vzťahov linky č.3 medzi m. č. Petržalka a Nové mesto

Linka	Trasa	Typ	Špecifikácia vozidla	Normálna obsaditeľnosť (os.)	Maximálna obsadenosť (os.)	Hodnota z analýzy SIM (ks.)	Priemerná obsadenosť medzi zdrojom a cieľom analýzy SIM
3	Petržalka - Rača	Električka	článkové do 32 m	220	133	112,75	118
3	Rača - Petržalka	Električka	článkové do 32 m	220	203	206,87	133,5



Obr. 8.1 Grafická analýza prepravných vzťahov linky č.3 medzi m. č. Nové mesto a Petržalka



Obr. 8.2 Grafická analýza prepravných vzťahov linky č.3 medzi m. č. Petržalka a Nové mesto

9 Záver

Analýza dát od mobilných operátorov dokáže slúžiť ako relevantný zdroj napr. pre pohľad na priestorovú distribúciu obyvateľstva. Na jej základe vieme konštatovať, približnú polohu SIM-kariet prostredníctvom časových rezov z pravidla väčších ako je 1 hodina. Napriek uvedenému prínosu súčasná architektúra GSM sietí neumožňuje, aby sa stala náhradou profilových a vozových dopravných prieskumov. Ako je zrejmé z predošlých analýz vykonaných prostredníctvom Big Dát, pri ktorých boli

ako zdroj použité CRD dáta, prípadne signalizačné dáta z mobilných telekomunikačných zariadení, tieto majú svoje limity.

Tie vyplývajú z toho, že SIM karty dnes nie je možné jednoznačne priradiť ku konkrétnej dopravnej infraštruktúre a ani ku konkrétnym dopravným prostriedkom, pričom záznam o aktuálnej a presnej polohe SIMkarty nemusí byť vždy dostupný v reálnom čase. Výhľadovo to bude možné pri plošnom nástupe technológie 5G sietí, čo ale so sebou prinesie podstatne väčšie nároky na selekciu a uchovávanie dát. Najväčší limit týkajúci sa aplikácie ako náhrady dopravných prieskumov a to nielen zameraných na verejnú hromadnú dopravu je v tom, že pri súčasných technologických možnostiach nedokážeme spoľahlivo určiť kde sa súbor SIM kariet nachádza. S nástupom nových sietí sa postupne redukuje priestor, na ktorom je možné spoľahlivo polohu SIM karty detegovať, problém však stále nastáva pri detekcii väčšieho počtu SIM kariet v rovnakom čase. Mobilné zariadenie vybavené SIM kartou sa totiž v priestore nespráva logicky a schopnosť pripájať sa na jednotlivé siete je striktné podriadená primárnemu účelu telekomunikačnej siete a to sú hlasové a dátové služby, s cieľom zabezpečiť ich v čo najlepšej kvalite a spoľahlivosti. Navyše vstupné parametre podľa ktorých sa SIM karta v rámci priestoru priraduje ku konkrétnej BTS sa neustále menia v čase a teda nedá sa ani fixne použiť aplikácia okrajových podmienok, ktoré by sa dali pre účely zistenia polohy generalizovať. Do budúcnosti, je pravdepodobné, že s nástupom nových technológií bude možné polohu väčšieho súboru SIM kariet viesť presnejšie aj z hľadiska polohy v priestore aj v čase, čo by nám mohlo umožniť určiť presnejšie smerovanie a priradenie aj konkrétnej trase.

10 Odporúčania pre ďalší výskum

Priradenie SIM karty ku konkrétnemu typu vozidla, ktorým by sa vyššie uvedený problém eliminoval dnes ostáva nevyriešenou otázkou. Ak by som na uvedené chcel použiť CRD, resp. signalizačné údaje z mobilnej siete, časové rezy medzi získavanými údajmi by museli byť rádovo na úrovni jednotiek minút, resp. sekúnd tak, aby sa dala zistiť rýchlosť pohybu SIM karty a na jej základe priradenie ku konkrétnemu typu vozidla. Táto frekvencia časových rezov by pri súčasnej architektúre telekomunikačnej siete ale spôsobila to, že jednotlivé SIM karty by sa „strácali“ v čase a opäť náhodne objavovali až pri ďalších rezoch. Hypoteticky by toto bolo možné keby všetky SIM karty bez ohľadu na aktuálnu aktivitu mobilného zariadenia boli pripojené len na jeden typ siete, ideálne 5G, a na jedno frekvenčné pásmo. Ďalšou možnosťou by bolo vybavenie vozidla verejnej hromadnej dopravy zariadením na zachytávanie prítomnosti SIM kariet, tzv. IMSI-catcher. Toto zariadenie vie zaznamenať prítomnosť zariadenia prijímajúceho signál a prípadne mu priradiť identifikátor. Toto riešenie ale nebolo preverované, nakoľko má svoje technické a v dnešnej dobe aj legislatívne aspekty, ktoré by museli byť vyriešené.

Ako schodnejšie riešenie pre stanovenie delby prepravnej práce sa javí použitie iného zdroja zberu vstupných údajov. Pri zachovaní pôvodne uvažovaného prostriedku na zber dát sa stačí preorientovať z telekomunikačnej siete na sieť internetovú, kde je možnosť prostredníctvom existujúcich, prípadne novovytvorených aplikácií zdieľať polohu pri svojich cestách. Tak ako bolo písané v dizertačnej práci v kapitole č.8.2, pri tomto systéme sa skutočne dokážeme dnes rozprávať o polohe s presnosťou na metre a o časovej stopke s presnosťou na sekundy. Zároveň dnes už sama umelá inteligencia vie podľa charakteru

pohybu (rýchlosť, čakanie na zastávkach, križovatkách, ...) vyhodnotiť aký typ dopravného prostriedku bol na trasu zo zdroja do cieľa použitý a teda výsledkom by bola rovno matica prepravných vzťahov naplnená údajmi týkajúcimi sa výhradne cestujúcich MHD. Tu si myslím, že je aj budúcnosť získavania údajov pre účely dopravno-inžinierskych analýz, kde samotná dobrovoľná aktivita občana, bez ohľadu na to či ide o chodca, cyklistu, vodiča alebo cestujúceho, vie byť nápomocná pre ďalší rozvoj dopravnej infraštruktúry v území. Čo sa týka analýzy pohybov SIM kariet, tie v dnešnej dobe rozhodne majú svoje miesto ako zdroj analýzy prepravných vzťahov. Vo všeobecnosti sú ale tieto údaje zo SIM kariet vhodné na analýzu dlhodobých prepravných vzťahov medzi sídelnými jednotkami a to najmä v extraviláne, kde máme nižší počet premenných, na základe ktorých sa SIM karty priradujú.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] Stratégia rozvoja verejnej osobnej a nemotorovej dopravy SR do roku 2020, Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky, 2013
- [2] VOD 2030, Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky, apríl 2017
- [3] Územný generel dopravy hl. mesta SR Bratislavy, Centrum dopravného výzkumu, v.v.i., 14.12.2015
- [4] Rámcová zmluva o službách vo verejnom záujme a zabezpečení mestskej hromadnej dopravy osôb v hlavnom meste Slovenskej republiky Bratislave na roky 2014 - 2023, Bratislava, 30.05.2013
- [5] TP 102 - Výpočet kapacít pozemných komunikácií, Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií, 31.12.2015
- [6] Rozvoj verejnej osobnej dopravy pred dopravou individuálnou, uznesenie vlády č. 675/2008, 01.10.2008
- [7] BRANIŠ, M. – Absencia jednotnej metodiky pre dopravné prieskumy zamerané na MHD. In. Juniorstav 2020, p. 188-195, ISBN 978-80-86433-73-8
- [8] BRANIŠ, M. - SCHLOSSER, T. - CÁPAYOVÁ, S. - ZUZULOVÁ, A. - HODÁKOVÁ, D.: Methodology of collecting data for evaluating public transport services. In *WMCAUS 2019 [elektronický zdroj] : abstract collection book of the World Multidisciplinary Civil Engineering - Architecture - Urban Planning Symposium. Prague, 2019*
- [9] [Certifikovaná metodika Limity využití mobilních sítí ve statistických šetřeních ČSÚ](#), projekt Technologické agentury ČR, TD03000452.
- [10] Certifikovaná metodika [Specifický způsob odbavení cestujících a počet přepravených cestujících](#) projekt Technologické agentury ČR, TB0500MD011

ZOZNAM PUBLIKAČNEJ ČINNOSTI A OHLASOV AUTORA

V2 Vedecký výstup publikačnej činnosti ako časť editovanej knihy alebo zborníka

V2_01 BÁLINT, Gabriel - BRANIŠ, Marek - CÁPAYOVÁ, Silvia [Štefunková, Silvia] - HODÁKOVÁ, Dominika [Hodáková, Dominika] - ZUZULOVÁ, Andrea. Multimodal nodes in the system of integrated public transport. In *SGEM 2020. 20th International Multidisciplinary Scientific Geoconference. Volume 20. Nano, Bio and Green – Technologies for a Sustainable Future : conference proceedings. Albena, Bulgaria, 18 - 24 August, 2020*. 1. vyd. Sofia : STEF 92 Technology, 2020, S. 579-585. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7603-12-5. V databáze: DOI: 10.5593/sgem2020/6.1/s27.075 ; SCOPUS: 2-s2.0-85099748070. Kategória publikácie do 2021: AFC

V2_02 BRANIŠ, Marek. Merané a merateľné veličiny v systémoch verejnej hromadnej dopravy. In *XIX. Dopravně - inženýrské dny. Veřejný prostor - návrh, obnova, využití a revitalizace, včetně dopravně inženýrských opatření [elektronický zdroj] : mezinárodní seminář, 6. - 7. 6. 2018, Mikulov, Česká republika*. Brno : Česká silniční společnost, 2018, CD-ROM, s. 97-103. ISBN 978-80-270-3445-1. Kategória publikácie do 2021: AFC

V2_03 BRANIŠ, Marek - HODÁKOVÁ, Dominika [Hodáková, Dominika] - CÁPAYOVÁ, Silvia [Štefunková, Silvia] - SCHLOSSER, Tibor - GALKIN, Andrii. Future of evaluating public transport services. In *SGEM 2018. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Conference Proceedings Vol. 18. Nano, Bio and Green - Technologies for a Sustainable Future : Albena, Bulgaria, 2 - 8 July 2018*. 1. vyd. Sofia : STEF 92 Technology, 2018, S. 565-571. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-52-2. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85058901560 ; DOI: 10.5593/sgem2018/6.3/S27.073. Kategória publikácie do 2021: AFC

V2_04 BRANIŠ, Marek. Absencia technického predpisu pre dopravné prieskumy zamerané na MHD. In *Verejná osobná doprava - VOD 2019 [elektronický zdroj] : zborník prednášok z medzinárodnej konferencie. 17. - 18. október 2019, Bratislava, SR*. 1. vyd. Bratislava : Kongres STUDIO, 2019, CD-ROM, s. 30-34. ISBN 978-80-89565-40-5. Kategória publikácie do 2021: AFD

V2_05 BRANIŠ, Marek. Dopravné prieskumy zamerané na verejnú hromadnú dopravu. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 29th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering. October 16th 2019, Bratislava*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2019, CD-ROM, s. 376-385. ISBN 978-80-227-4972-5. Kategória publikácie do 2021: AFD

V2_06 BRANIŠ, Marek. Absencia jednotnej metodiky pre dopravné prieskumy zamerané na MHD. In *Juniorstav 2020 [elektronický zdroj] : sborník příspěvků. 22. odborná konference doktorského studia s mezinárodní účastí. Brno, ČR, 23. 1. 2020 = Juniorstav 2020, proceedings of the 22nd International Conference of doctoral Students*. 1. vyd. Brno : ECON publishing, 2020, USB klíč, s. 188-195. ISBN 978-80-86433-73-8. Kategória publikácie do 2021: AFC

V2_07 BRANIŠ, Marek - ŠULÍK, Matej. Analysis of public transport services with several criteria-Experiences from creating general master plan of town Šaľa. In *X. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2020 : A közlekedés jövője - a jövő közlekedése. Győr, 2020. 10. 29-30 = X. International Conference on Transport Sciences Győr 2020, The future of transportation - transportation of the future*. 1. vyd. Győr : Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék, 2020, S. 24. ISBN 978-963-8121-88-2. Kategória publikácie do 2021: AFG

V2_08 BRANIŠ, Marek. Komplexná analýza potenciálu verejnej hromadnej dopravy v malom meste. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 30th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering. October 14th 2020, Bratislava, Slovakia*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 439-445. ISBN 978-80-227-5052-3. Kategória publikácie do 2021: AFD

V2_09 BRANIŠ, Marek - BÁLINT, Gabriel - TAKÁCS, Jakub - ŠULÍK, Matej - GALKIN, Andrii. Shared electric scooters like a tool of a micro-mobility in cities. In *SGEM 2020. 20th International Multidisciplinary Scientific Geoconference. Volume 20. Nano, Bio and Green – Technologies for a Sustainable Future : conference proceedings. Albena, Bulgaria, 18 - 24 August, 2020*. 1. vyd. Sofia : STEF 92 Technology, 2020, S. 631-638. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7603-12-5. V databáze: DOI: 10.5593/sgem2020/6.1/s27.082 ; SCOPUS: 2-s2.0-85099737177. Kategória publikácie do 2021: AFC

V2_10 CÁPAYOVÁ, Silvia [Štefunková, Silvia] - SCHLOSSER, Tibor - BRANIŠ, Marek - GALKIN, Andrii - LOBASHOV, Oleksii. Posúdenie dopytu po nových službách logistiky v rámci mesta Bratislava. In *Verejná osobná doprava - VOD 2020 [elektronický zdroj] : zborník prednášok z medzinárodnej konferencie. 12. október 2020, Bratislava, SR*. 1. vyd. Bratislava : Kongres STUDIO, 2020, USB kľúč, s. 107-114. ISBN 978-80-89565-43-6. Kategória publikácie do 2021: AFD

V2_11 HODÁKOVÁ, Dominika [Hodáková, Dominika] - ZUZULOVÁ, Andrea - CÁPAYOVÁ, Silvia [Štefunková, Silvia] - SCHLOSSER, Tibor - BRANIŠ, Marek. Effect of global warming on the rehabilitation's method of cement concrete pavements. In *SGEM 2018. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Volume 18. Energy and Clean Technologies : conference proceedings. Albena, Bulgaria, 2 July - 8 July 2018*. 1. vyd. Sofia : STEF 92 Technology, 2018, S. 419-426. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-45-4. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85058846289 ; DOI: 10.5593/sgem2018/4.2/S19.055. Kategória publikácie do 2021: AFC

V2_12 SCHLOSSER, Michael - BRANIŠ, Marek. Skúsenosti so smerovými dopravnými prieskumami a návrh TP. In *Rozvoj cestnej infraštruktúry : zborník z XXIII. seminára Ivana Poliačka s medzinárodnou účasťou pri príležitosti 80. výročia založenia STU (SVŠT). 21. - 23. november 2018, Jasná, Nízke Tatry*. 1. vyd. Bratislava : Kongres STUDIO, 2018, S. 19-26. ISBN 978-80-89565-38-2. Kategória publikácie do 2021: AFD

V2_13 SCHLOSSER, Michael - BRANIŠ, Marek - PAŽITNAJ, Adam - SCHLOSSER, Tibor. Aplikácia dopravných prieskumov v smartfónoch. In *XIX. Dopravné - inžinierske dny. Veřejný prostor - návrh, obnova, využití a revitalizace, včetně dopravně inženýrských opatření [elektronický zdroj] : mezinárodní seminář, 6. -*

7. 6. 2018, Mikulov, Česká republika. Brno : Česká silniční společnost, 2018, CD-ROM, s. 131-137. ISBN 978-80-270-3445-1. Kategória publikácie do 2021: AFC

V2_14 SCHLOSSER, Tibor - HODÁKOVÁ, Dominika [Hodáková, Dominika] - ZUZULOVÁ, Andrea - BRANIŠ, Marek - SCHLOSSER, Peter. Impact of transport analysis on urbanization development in small towns of Slovakia. In *SGEM 2019. 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Volume 19. Nano, Bio and Green - Technologies for a Sustainable Future : conference proceedings. Albena, Bulgaria, 30 June - 6 July, 2019*. 1. vyd. Sofia : STEF 92 Technology, 2019, S. 479-486. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-89-8. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85073322048 ; DOI: 10.5593/sgem2019/6.2/S27.061. Kategória publikácie do 2021: AFC

V3 Vedecký výstup publikačnej činnosti z časopisu

V3_01 BRANIŠ, Marek - ŠULÍK, Matej - TAKÁCS, Jakub - SCHLOSSER, Tibor. Analysis of Public Transport Services with Various Criteria. In *Slovak Journal of Civil Engineering*. Vol. 28, No. 4 (2020), s. 23-28. ISSN 1210-3896 (2020). V databáze: DOI: 10.2478/sjce-2020-0027 ; WOS: 000607644300004. Kategória publikácie do 2021: ADN

V3_02 SCHLOSSER, Tibor - SCHLOSSER, Peter - BRANIŠ, Marek. Strategy of traffic planning for new developments together with rail track public transport - Experiences from Bratislava. In *International Journal of Trend in Research and Development [elektronický zdroj]*. Vol. 5, special issue ICTIMESH-18 (2018), online, s. 137-142. ISSN 2394-9333. Kategória publikácie do 2021: AFC

O2 Odborný výstup publikačnej činnosti ako časť knižnej publikácie alebo zborníka

O2_01 BRANIŠ, Marek - SCHLOSSER, Tibor - CÁPAYOVÁ, Silvia [Štefunková, Silvia] - ZUZULOVÁ, Andrea - HODÁKOVÁ, Dominika [Hodáková, Dominika]. Methodology of collecting data for evaluating public transport services. In *WMCAUS 2019 [elektronický zdroj] : abstract collection book of the World Multidisciplinary Civil Engineering - Architecture - Urban Planning Symposium. Praha, ČR, 17. - 21. 6. 2019*. 1. vyd. [s. l.] : [s. n.], 2019, CD-ROM, s. 257. Kategória publikácie do 2021: BFA

O2_02 BRANIŠ, Marek. Informačné systémy vo verejnej hromadnej doprave - požiadavky a trendy. In *XX. Dopravné - inženýrske dny. Mobilita a logistika ve městech a regionech budoucnosti [elektronický zdroj] : mezinárodní seminář, Mikulov 29.-30. května 2019*. Brno : Česká silniční společnost, 2019, CD-ROM, s. 72-78. ISBN 978-80-270-5551-7. Kategória publikácie do 2021: BEE

O2_03 BRANIŠ, Marek. Automatizácia dopravných prieskumov vo väzbe na verejnú hromadnú dopravu. In *Cestná konferencia 2020 [elektronický zdroj] : zborník. Bratislava, SR, 24. - 25. 6. 2020*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská cestná spoločnosť, 2020, USB kľúč, s. 50-55. ISBN 978-80-972611-6-0. Kategória publikácie do 2021: BEF

O2_04 L'OS, Peter - BEZÁK, Bystrík - BRANIŠ, Marek - SKÝVA, Milan. Re-establishment of rail-based integrated commuter system in Bratislava region. In *Connecting Cultures, Enabling Economies [elektronický zdroj] : 26th World Road Congress. 6th to 10th October 2019, Abu Dhabi*. 1. vyd. Paris : World Road Association (PIARC), 2019, USB kľúč, [12] s., art.no. 0349. Kategória publikácie do 2021: BEE

O2_05 SCHLOSSER, Tibor - BRANIŠ, Marek - SCHLOSSER, Michael. Issues of traffic surveys of routing in junctions. In *Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2018 [elektronický zdroj] : Technika és technológia a fenntartható közlekedés szolgálatában. Győr, Magyarország, 22. - 23. 3. 2018*. 1. vyd. Győr : Széchenyi István Egyetem, 2018, CD-ROM, s. 47-52. ISBN 978-615-5776-13-7. Kategória publikácie do 2021: BEE