

Univerza v Mariboru
Fakulteta za logistiko



Mobilab:

**Kratek opis prednosti mobilnega laboratorija za raziskave in razvoj
na področju logistike, transporta, in prometa**

Dragan Dejan, Tomaž Kramberger,

Fakulteta za logistiko UM

Celje, 28.05.2019

1. Uvod in kratek opis Mobilaba

Mobilni laboratorij za zbiranje podatkov s področja pametne mobilnosti (krajše MOBILAB), je mobilni laboratorij za zbiranje večjih količin povezanih podatkov in informacij za celovite raziskave v logistiki na področjih, kot so :

1. raziskave vplivov logistike in transporta na ekologijo in trajnostno mobilnost...
2. organiziranje in optimizacije logistike v pametnem mestu oziroma okolju nasploh,
3. raziskave na področju rabe avtonomnih vozil (in zrakoplovov) v logistiki.

Mobilni laboratorij je nameščen v vozilu saj mora biti sistem popolnoma, oziroma zadostno mobilen in avtonomen. Takšen mobilen sistem je sposoben zbiranj podatkov na poljubnih krajih in ob poljubnem času. Posebna značilnost načrtovanega MOBILABA je da bo omogočal določen nabor meritev v tudi gibanju, pri tem pa bo beležil tako lokacijo MOBILABA, kot tudi njegovo hitrost (track log). Naslednja posebna značilnost MOBILABA bo tudi, da pri zajemu in hranjenju podatkov, ki predstavljajo osebne podatke ali druge skrivnosti, le ta tovrstne podatke avtomatično anonimizira in tako omogoči njihovo rabo v raziskovalne namene.

2. Možna področja znanosti za raziskave in razvoj s pomočjo Mobilaba

Mobilni laboratorij lahko poleg zgoraj omenjenih treh ključnih področij s pomočjo mobilnih senzorjev prispeva k naslednjim področjem znanosti:

- Inteligentni transportni sistemi.
- Inteligentno usmerjanje in vodenje prometa, zlasti v mestih in urbanih okoljih.
- Inteligentna semaforizacija na osnovi optimizacije čakalnih vrst avtomobilov in preprečevanja prometnih zastojev.
- Analize v prometu in dinamiki gibanja vozil za potrebe različnih prometnih optimizacij.
- Izdelava natančnejših prometnih modelov dinamike gibanja vozil, zastojev, čakalnih vrst, itn.
- Raziskave na področju prometne psihologije in prometne varnosti, natančnejša analiza prometnih nesreč.
- Različne kratkoročne do srednjeročne predikcije prometnih tokov v prometu, kot npr. natančnejše prognoziranje možnih prometnih zastojev in daljših čakalnih vrst. Izdelava

izboljšanih statističnih modelov za predikcije v prometu, ki bodo pomagali izboljšati inteligentne transportne sisteme usmerjanja vozil.

- Izboljšane dolgoročne predikcije prometnih tokov, ki bodo pripomogle k boljšemu strateškemu planiranju in investicijam v prometni infrastrukturi.
- Različne izboljšane optimizacije v prometu in logistiki, od načrtovanja izboljšanih inteligentnih transportnih sistemov za razvoz otrok v šole, optimizacije dostave blaga, optimizacije transporta blaga v smislu krajših ali daljših razdalj, optimizalnega usmerjanja dostavnih vozil v mestih, itn.
- Razvoj izboljšanih emisijskih modelov za ocenjevanje emisij vozil in onesnaževanje okolja, na tej osnovi pa možnosti za izboljšano planiranje ukrepov za zmanjševanje emisij v okolju.
- Razvoj modelov, ki bodo znali bolje povezati fizikalne zakone pri teoretični fiziki gibanja in dinamike vozil, in dejanske izmerjene fizikalne veličine, kot so navori, sile, pospeški, hitrosti, poraba goriva. Ti modeli pa bodo osnova za boljše optimizacije različnih vrst v prometu, kot npr. problem optimalnega usmerjanja šolskih avtobusov.
- Raziskave na področju mrežnega modeliranja in simulacij v prometu in logistiki.
- Raziskave na področju izdelave izboljšanih optimizacijskih algoritmov za usmerjanje tovornih in drugih vozil, optimalno določanje logistične flote, itn.
- Raziskave na področju boljšega planiranja urbane mobilnosti in mestne logistike.

3. Lastnosti mobilnih senzorjev

Mobilni senzori predstavljajo alternativo senzorjem s fiksno lokacijo, kot so npr. detektorji z zanko, ki trenutno prevladujejo v prometnih sistemih. Na splošno mobilni senzori za promet vključujejo vse sisteme za spremljanje ali zbiranje podatkov z napravo, ki se lahko premika s prometnim tokom. Vključujejo lahko različne sonde v vozilu (kot so npr. tiste za elektronsko cestninjenje), mobilne telefone, prenosne naprave za globalno pozicioniranje (GPS) (kot so pametni telefoni ali navigacijski sistemi, ki podpirajo GPS), in Bluetooth naprave. Ko bodo nekoč vsi mobilni senzori povezani med seboj na osnovi naglega razvoja brezžičnih komunikacij, ter bodo avtomatizirana oz. avtonomna vozila z vgrajenimi mobilnimi senzori bolj številna, se bo dramatično povečal prodor mobilnih senzorjev na trg. Večina mobilnih senzorjev vsebuje komunikacijo s sateliti (GPS) ali namensko obcestno infrastrukturo, da lahko izračunava položaj mobilne komponente, njeno hitrost in druge ustrezne informacije. Mobilni senzori se od senzorjev s fiksno lokacijo bistveno razlikujejo, saj lahko zagotovijo (skoraj)

stalne (zvezne) prostorsko-časovne podatke in čeprav za vzorec prometa, medtem ko fiksni senzorji lahko zagotovijo podatke za celoten promet, vendar le na diskretnih lokacijah.

4. Kratek opis raziskovalnih področij, kjer mobilni senzorji pridejo do izraza

Kot kaže najnovejša literatura, se da mobilne senzorje koristno uporabiti pri analizi arterijskih zmogljivosti prometnih tokov v realnem času meritev (kot so zamude, dolžine čakalnih vrst in emisije), pa tudi v raziskavah glede uspešnosti mestnega prevoza tovora (od usmerjanja dostavnih vozil do optimizacije lokacij dostavnih mest). V ta namen se uporabijo mobilni podatki in tehnike za združevanje podatkov mobilnih in statičnih senzorjev. Pri tem že prehajamo na področje »Big Data Mining« (Rudarjenje po velikem številu podatkov), kjer podatki predstavljajo osnovo za zanesljivo oceno/napoved velikega obsega prometa in vzorcev potovanj. Kot se izkaže, so »veliki podatki« zelo koristni, saj revolucionirajo številne vidike prevoza glede sklepanja o vedenjskih in potovalnih vzorcih. Uporabljene metode morajo pravilno združevati tehnike analitike podatkov (tj. Modele učenja in/ali optimizacije) s transportnimi načeli in procesi (tj. Fizikalnimi prometnimi modeli), opravka imamo torej z metodami učenja na podlagi modela. Odvisno od specifičnih namenov in aplikacij se lahko način njihovega vključevanja razlikuje. Na splošno bo integracija »velikih podatkov« najbolje delovala v smislu zmanjšanja modelske zapletenosti in računske zahtevnosti in/ali izboljšanje točnosti in zanesljivosti ocene/napovedi. Za transportne aplikacije čiste podatkovne metode, ki ne upoštevajo fizikalnih procesov transportnih sistemov, morda ne bodo delovale dobro. To je zato, ker lahko podatki, ne glede na to, kako veliki so, le zrcalijo fizikalne procese in zakone transporta (včasih celo lahko pomagajo odkriti nove procese in zakone), ne morejo jih pa spremeniti. Zato morajo metode, ki temeljijo na podatkih, spoštovati/integrirati uveljavljene fizikalne modele.

Mobilni senzorji (MS) so tudi zelo koristni pri ocenjevanju realne dolžine čakalne vrste signaliziranih križišč z vzorčnimi potovalnimi časi. Podatki MS se bistveno razlikujejo od tradicionalnih podatkov statičnih senzorjev, saj bolj celovito predstavljajo vzorec celotnega prometa in informacije o prometnih tokovih. Podatke MS se da koristno uporabiti pri modeliranju prometnih tokov ali oceni vzorca zakasnitve signaliziranega križišča. Kot se izkaže, je vzorčni čas potovanja bolj relevanten od uporabe podatkov o prostornini ali zasedenosti, kot je bilo običajno v preteklosti pri reševanju tovrstnih problemov. Pri tem se v

bistvu upošteva uporaba izmerjenih podatkov (zamude ali časi potovanja) za oceno osnovnega vzorca zamude. Pri aplikaciji kombiniranega modela, ki temelji tako na podatkih, kot tudi fizikalnih prometnih zakonitostih, se izkaže, da z uporabo uveljavljene teorije udarnega valovanja prometnega toka, zamik vzorca signaliziranega križišča (grobo) sledi linearnemu vzorcu pod določenimi predpostavkami o prihodu vozil. To omogoča uporabo dokaj enostavnih metod ocenjevanja, ki temeljijo na podatkih, za linearno vzorčenje iz merjenih podatkov MS. Rezultati raziskav kažejo, da se vzorec potovalnih časov lahko uporabi za modeliranje mestnega prometa, podobno kot podatki o prostornini/zasedenosti pri konvencionalnih metodah modeliranja. Pri tem mora pristop modeliranja, ki temelji na podatkih MS, pravilno vključevati pristope, ki temeljijo na podatkih (npr. metode za optimizacijo in/ali statistično učenje), in na znanju o prometu in njegovih načelih. Prvo pomaga, da na osnovi podatkov dosežemo bolj zanesljive rezultate, medtem ko slednje pomaga opisati osnovno fiziko prometa, ki bi jo morali upoštevati.

Tudi nadaljnje raziskave o drugih transportnih aplikacijah, kot je razvidno iz literature, so uporabile isto idejo, torej kombinacijo MS podatkov in fizikalnih prometnih modelov, vključujoč oceno dolžine čakalne vrste, klasifikacijo vozil, oceno emisij, porazdelitev tki. indeksa vozil in čakalnih vrst preko stohastičnega modeliranja pretokov skozi križišča. Mobilni podatki so koristni tudi pri izdelavi strategij za zmanjšanje mestnih zastojev, ocenjevanje porabljene skupne energije prometnih tokov, ter skupnih emisij.

Urbani promet je po naravi stohastičen zaradi različnih naključnih motenj, mobilni podatki pa lahko olajšajo delo pri stohastičnem modeliranju. Tako je možno zgraditi razne stohastične modele, kot je Bayesov model omrežij za oceno položaja vzorčnega vozila v celotnem prometu, na podlagi katerega bi izpeljali porazdelitev cikla čakalne vrste preko cikla za signalizirano križišče. Model lahko pripomore tudi k izpeljavi porazdelitve cikla po volumnih ciklov čakalnih vrst. Podatki o čakalni vrsti in količini podatkov o prometu so koristni tudi kot vhodi v napredne algoritme za nadzor signalov preko avtomatizirane povezave vozil, ter izračun voznih poti in emisij. Namreč, na osnovi MS podatkov je možno razviti metode za oceno poti vozil celotnega prometa, ter na podlagi tega natančno oceniti porabo goriva in emisije. Tovrstne metode integrirajo tako znanja o prometu (kot je na primer variacijska formulacija, ki temelji na prometu), kot uporabo metod optimizacije za točne in robustne rezultate. Razviti je možno tudi metode za ocenjevanje časa signala (zelena in rdeča časovna trajanja) signaliziranega križišča z uporabo vzorca potovanja. To je odličen primer za prikaz vrednosti integracije fizikalnih

stohastičnih modelov (tj. značilnosti čakalne vrste vozila in časovne karakteristike signala), ter metod analize podatkov.

Z uporabo podatkov MS (za podrobno sledenje vozil) je možno razviti tudi metode klasifikacije vozil na podlagi pospeška, ki omogočajo razlikovanje avtomobilov od tovornjakov in kombiniranih vozil. Metode lahko temeljijo na vektorskih podpornih strojih (Support Vector Machines SVM) in uporabljajo več funkcij za kritično pospeševanje/upočasnitev vozil.

MS podatki so lahko zelo koristni tudi za ocenjevanje uspešnosti mestnih dobav in ocenjevanje inovativnih dostavnih politik, ter tovrstnega prometa. Tovrstno ocenjevanje je moč izvesti z metodami, ki temeljijo na strojnem učenju, ter s pomočjo znanja o prometu. Zlasti je pomembno poznavanje obnašanja pri dobavi, karakteristike ozkih grl itn., da se ugotovijo optimalne strategije dostave in določene metrike za izvedbo dobave. Mobilni podatki so torej lahko izredno uporabni za ocenjevanje uspešnosti dostave tovora.

Podrobnejši detajli o koristnosti mobilnih senzorjev pri logističnih, prometnih in transportnih aplikacijah se lahko preučijo v literaturi tega dokumenta (Zlatkovic and Zhou 2015; Zhang et al. 2012; Zhang et al. 2009; Zhang et al. 2016; Yun 2012; Yang and Menendez 2018; Yacob and Rompis 2015; Wu et al. 2018; Wu 2016; Wp 2008; Dixit et al. 2017; T, Cheu, and Ph 2017; Soylu et al. 2010; Skabardonis et al. 2014; Reininger et al.; Pes and Shin; Pametna, In, and Logistika 2017; No 2006; Ng and Reaz 2015; Merkez 2014; Member and Cities 2016; Mehran, Kuwahara, and Naznin 2011; Lowenthal et al. 2014; Login 2019; Liu et al. 2016; Inovaci et al. 2020; Hao et al. 2013; Goodall, Smith, and Park 2014; Goodall, Park, and Smith 2014; Forouzandeh Jonaghani, Honarparvar, and Khademi 2018; Fayazi and Vahidi 2015; Drewnick et al. 2012; Date 2019; Contact 2019; Cocker et al. 2004; Cheng et al. 2010; Cao et al. 2016; Barth et al. 2012; Bagheri 2017; Argote et al.; Anuar 2016; Anjomshoaa et al. 2018)

V Celju, 28.05.2019

izr. prof. dr. Dejan Dragan

izr. prof. dr. Tomaž Kramberger

Literatura

- Anjomshoaa, Amin, Fabio Duarte, Daniel Rennings, Thomas J. Matarazzo, Priyanka deSouza, and Carlo Ratti. 2018. "City Scanner: Building and Scheduling a Mobile Sensing Platform for Smart City Services." *IEEE Internet of Things Journal* 5 (6):4567-79. doi: 10.1109/jiot.2018.2839058.
- Anuar, Khairul Azfi. 2016. "Methodologies for Estimating Traffic Flow on Freeways Using Probe Vehicle Trajectory Data." doi: 10.25777/g4ym-b938.
- Argote, Juan, Eleni Christofa, Yiguang Xuan, and Alexander Skabardonis. "Estimation of Measures of Effectiveness Based on Connected Vehicle Data."
- Bagheri, Ehsan. 2017. "Enhanced Traffic Signal Operation using Connected Vehicle Data."
- Barth, Matthew, Thomas Durbin, J. Wayne Miller, Kent Johnson, Co R. L. Russell, and G. Scora. 2012. *Measuring and Modeling PM Emissions from Heavy - Duty Construction Equipment*. Vol. 0003.
- Cao, Tanfeng, Thomas D. Durbin, David R. Cocker, Roland Wanker, Thomas Schimpl, Volker Pointner, Karl Oberguggenberger, and Kent C. Johnson. 2016. "A Comprehensive Evaluation of a Gaseous Portable Emissions Measurement System with a Mobile Reference Laboratory." *Emission Control Science and Technology* 2 (3):173-80. doi: 10.1007/s40825-016-0040-4.
- Cheng, Yang, Xiao Qin, Jing Jin, and Bin Ran. 2010. "An Exploratory Shockwave Approach for Signalized Intersection Performance Measurements Using Probe Trajectories." 1-23.
- Cocker, David R., Sandip D. Shah, Kent Johnson, J. Wayne Miller, and Joseph M. Norbeck. 2004. "Development and Application of a Mobile Laboratory for Measuring Emissions from Diesel Engines. 1. Regulated Gaseous Emissions." *Environmental Science & Technology* 38 (7):2182-9. doi: 10.1021/es034888d.
- Contact, Press. 2019. "New mobility lab for the German Karlsruhe region The City of Karlsruhe and PTV Group seal new cooperation." 1-6.
- Date, Start. 2019. "Future mobility sensing." 1-8.
- Dixit, Poornima, J. Wayne Miller, David R. Cocker, Adewale Oshinuga, Yu Jiang, Thomas D. Durbin, and Kent C. Johnson. 2017. "Differences between emissions measured in urban driving and certification testing of heavy-duty diesel engines." *Atmospheric Environment* 166:276-85. doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.06.037.
- Drewnick, F., T. Böttger, S. L. von der Weiden-Reinmüller, S. R. Zorn, T. Klimach, J. Schneider, and S. Borrmann. 2012. "Design of a mobile aerosol research laboratory and data processing tools for effective stationary and mobile field measurements." *Atmospheric Measurement Techniques Discussions* 5 (2):2273-313. doi: 10.5194/amtd-5-2273-2012.
- Fayazi, Seyed Alireza, and Ardalan Vahidi. 2015. "Crowdsourcing Phase and Timing of Pre-Timed Traffic Signals in the Presence of Queues : Algorithms and Back-End System Architecture." 1-12.
- Forouzandeh Jonaghani, Rouzbeh, Sepehr Honarparvar, and Navid Khademi. 2018. "Short-Range Prediction of the Zone of Moving Vehicles in Arterial Networks." *ISPRS International Journal of Geo-Information* 7 (1):35. doi: 10.3390/ijgi7010035.
- Goodall, Noah J., Byungkyu Brian Park, and Brian L. Smith. 2014. "Microscopic Estimation of Arterial Vehicle Positions in a Low- Penetration-Rate Connected Vehicle Environment." (October).
- Goodall, Noah J., Brian L. Smith, and Byungkyu Brian Park. 2014. "Microscopic Estimation of Freeway Vehicle Positions from the Behavior of Connected Vehicles."
- Hao, Peng, Zhanbo Sun, Xuegang Ban, Dong Guo, and Qiang Ji. 2013. "Vehicle Index Estimation for Signalized Intersections Using Sample Travel Times." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 80 (Isttt):473-90. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.05.026.
- Inovaci, Kega Razvojno, Skega Partnerstva, N. A. Podro, and J. U. Mobilnosti. 2020. "MOBILNOSTI SRIP ACS +."
- Liu, K., M. Y. Cui, P. Cao, and J. B. Wang. 2016. "Iterative Bayesian Estimation of Travel Times on Urban Arterials: Fusing Loop Detector and Probe Vehicle Data." *PLoS One* 11 (6):e0158123. doi: 10.1371/journal.pone.0158123.
- Login, Client Portal. 2019. "transportation solutions." 1-20.
- Lowenthal, Douglas H., D. Ph, Steven Gronstal, Kevin Percy, and Veronica Chisholm. 2014. "Characterization of Real-World Emission from Non-Road Mining Trucks in the Athabasca Oil Sands Region during October , 2010 Table of Contents."

- Mehran, Babak, Masao Kuwahara, and Farhana Naznin. 2011. "Implementing Kinematic Wave Theory to Reconstruct Vehicle Trajectories from Fixed and Probe Sensor Data." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 17:247-68. doi: 10.1016/j.sbspro.2011.04.517.
- Member, Cristina Olaverri-monreal, and A. Smart Cities. 2016. "Autonomous Vehicles and Smart Mobility Related Technologies." (June).
- Merkez, Stanbul Kongre. 2014. "Bildiri kitabi."
- Ng, K. M., and M. B. Reaz. 2015. "An integrated approach for platoon-based simulation and its feasibility assessment." *PLoS One* 10 (3):e0114406. doi: 10.1371/journal.pone.0114406.
- No, Contract. 2006. "Evaluation of Portable Emissions Measurement Systems (PEMS) for Inventory Purposes and the Not-To-Exceed Heavy-Duty Diesel Engine Regulation." 92521 (909).
- Pametna, Srip, Mesta In, and Transport I. N. Logistika. 2017. "SRIP PMiS - Pametna mesta in skupnosti SRIP PMiS - Pametna mesta in skupnosti Cilji in kazalniki uspešnosti SRIP PMiS."1-32.
- Pes, Mert D., and Kang G. Shin. "CarLab : Framework for Vehicular Data Collection and Processing e." doi: 10.1145/nnnnnnn.nnnnnnn.
- Reininger, Michael, Seth Miller, Yanyan Zhuang, and Justin Cappos. "A First Look at Vehicle Data Collection via Smartphone Sensors."
- Skabardonis, Alexander, Wei-bin Zhang, Jing-quan Li, Juan Argote, Matt Barth, Andreas Winckler, and Darren Liccardo. 2014. "Advanced Traffic Signal Control Algorithms." (April).
- Soylu, Seref, Ayda Bal, Hülya Semercioglu, and Eyup Fatih Ay. 2010. "Examination of an Urban City Bus Operating Conditions and Emissions." (September).
- T, Matthew Vechione E. I., Ruey Cheu, and D. Ph. 2017. "Comparisons of Discretionary Lane Changing Behavior." (915).
- Wp, Serdp Project. 2008. "Characterization of Off-Road Diesel Emissions of Criteria Pollutants." (October).
- Wu, Jian, Dipak Ghosal, H. Michael Zhang, and Senior Member. 2018. "Delay-based Traffic Signal Control for Throughput Optimality and Fairness at an Isolated Intersection."0-14.
- Wu, Jingcheng. 2016. "Travel Time Estimation on Urban Arterials - a Real Time Aspect." (December).
- Yacob, Samuel, and Recky Rompis. 2015. "Characterizing Queue Dynamics at Signalized Intersections From Probe Vehicle Data." doi: 10.25777/wb2d-ss57.
- Yang, Kaidi, and Monica Menendez. 2018. "Queue Estimation in a Connected Vehicle Environment : A Convex Approach."
- Yun, Jeongran. 2012. "Study of the Driving Cycle for Heavy Duty Trucks in Hilly Terrain and Its Effect on Calculated Emissions , and Comparison of Two Mobile Emission Models."
- Zhang, Jian, Yang Cheng, Shanglu He, and Bin Ran. 2016. "Improving method of real-time offset tuning for arterial signal coordination using probe trajectory data." *Advances in Mechanical Engineering* 9 (1):168781401668335. doi: 10.1177/1687814016683355.
- Zhang, Jie, Kebin He, Xiaoyan Shi, and Yu Zhao. 2009. "Effect of SME biodiesel blends on PM2.5 emission from a heavy-duty engine." *Atmospheric Environment* 43 (15):2442-8. doi: 10.1016/j.atmosenv.2009.01.052.
- Zhang, Wei, Guozhen Tan, Nan Ding, and Guangyuan Wang. 2012. "Traffic Congestion Evaluation and Signal Control Optimization Based on Wireless Sensor Networks: Model and Algorithms." *Mathematical Problems in Engineering* 2012:1-17. doi: 10.1155/2012/573171.
- Zlatkovic, Milan, and Xuesong Zhou. 2015. "Integration of signal timing estimation model and dynamic traffic assignment in feedback loops : system design and case study." (November 2014):683-99. doi: 10.1002/atr.