

OPOZORILNI SISTEM ZA ZAVIRANJE V SILI ZA MOTORISTE – INOVACIJA V PROMETNI VARNOSTI Z UPORABO NESPECIALIZIRANE TEHNOLOGIJE

MOTORCYCLE EMERGENCY BRAKING WARNING SYSTEM – TRAFFIC SAFETY INNOVATION USING OFF- THE-SHELF TECHNOLOGY

Matej Barbo¹
Blaž Rodič²

DOI: <https://doi.org/10.31410/EMAN.2021.507>

Povzetek: V tem prispevku predstavljamo ugotovitve raziskave o sistemih za opozarjanje na trke in njihov vpliv na varnost v prometu ter predstavljamo MEBWS - opozorilni sistem za zaviranje v sili za motoriste, patentirano inovacijo, razvito na Fakulteti za informacijske študije v Novem mestu. MEBWS analizira gibanje motornega kolesa v realnem času s pomočjo merilnika pospeška, merjenja hitrosti z GPS ter z LIDAR-jem spremlja zasledujoča vozila. Po zaznavi nevarne situacije MEBWS z vklopom avtonomnega utripajočega LED svetila vozila za motornim kolesom opozori na nevarnost naleta. V okviru raziskave razvijamo simulacijski model, ki nam bo omogočil oceniti vpliv MEBWS na varnost prometa v velikih prometnih sistemih in njegov prispevek k cilju Evropske unije "Vision Zero" - zmanjšati število smrtnih žrtev na cestah na skoraj nič do leta 2050.

Gljučne besede: Prometna varnost, Prometne nesreče, Motorno kolo, Pomoč pri zaviranju, Aktivna varnost.

Abstract: In this paper we present research findings on collision warning systems and their influence on traffic safety, and present MEBWS – Motorcycle Emergency Braking Warning System, a patented innovation developed at the Faculty of Information Studies in Novo mesto. MEBWS analyses motorcycle movement in real-time using an accelerometer and GPS speed measurement and monitors the following vehicles using a LIDAR. In case a dangerous situation is detected, the MEBWS alerts vehicles behind the motorcycle with an autonomous flashing LED. Furthermore, we are developing a simulation model that will allow us to gauge the influence of MEBWS on traffic safety in large traffic systems and its contribution to the European Union's goal "Vision Zero" – to reduce road deaths to almost zero by 2050.

Keywords: Traffic safety, Traffic accidents, Motorcycle, Braking aids, Active safety.

1. UVOD

Motorno kolo ostaja najbolj tvegano prevozno sredstvo na prevoženem kilometru. Več kot 6500 voznikov in potnikov enoslednih vozil (motorji, skuterji, mopedi) vsako leto izgubi življenje v prometnih nesrečah znotraj EU, pri čemer je tveganje za smrtni izid prometne nesreče za motoriste 20x večje kot za uporabnike avtomobilov [1].

V Sloveniji se je leta 2011 v kategoriji PTW (angl. PTW, »powered two-wheeler«, tj. enosledna motorna kolesa in mopedi) zgodilo 30 nesreč s smrtnim izidom. To predstavlja 21 % smrti v primerjavi z nesrečami ostalih vozil v cestnem prometu ([2] str. 55). Leta 2016 je bilo nesreč

¹ Faculty of Information Studies, Ljubljanska cesta 31A, Novo mesto, Slovenia

² Faculty of Information Studies, Ljubljanska cesta 31A, Novo mesto, Slovenia

s smrtnim izidom vsaj 22 [3]. Del nesreč predstavljajo naleti, tj. trki drugih vozil v zadek motornega kolesa. Po podatkih NHTSA (angl. NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration) je razvidno, da je v ZDA 5 % vseh nalezov na motorno kolo usodnih. To predstavlja približno 223 življenj letno (kot citirano v [4] str. 6). Motorist pri tem največkrat utrpi poškodbe glave, tudi do stopnje MAIS5 ([5] str. 133-141). Evropska komisija želi z ukrepom »Vision Zero« zmanjšati število smrtnih žrtev na evropskih cestah na nič do leta 2050 oz. zmanjšati nastanek hudih poškodb za 50 % do leta 2030 [6]. Mehanizmi, s katerimi bi lahko pripomogli k uresničitvi strategije »Vision Zero« so tudi opozorilne luči za zaviranje v sili, ki so predpisane z regulativo ter temeljijo na znanstvenih raziskavah.

Kljub določenim izvedenim študijam na tem področju, pa obstaja manko raziskav o učinkovitosti podobnih varnostnih mehanizmov za motorna kolesa (npr. EBD, MEBWS, AEB, FCW). Hkrati so ti varnostni pripomočki bistveno slabše dostopni pri motociklih kot pri osebnih vozilih ali težkih tovornih vozilih, čeprav je v letu 2016 v kategoriji motorjev in mopedov na evropskih cestah umrlo 4352 voznikov in sopotnikov (17 %) ([7], str. 2).

Zaradi omenjene problematike in manka raziskav na tem področju želimo z lastno raziskavo preveriti potencialne učinke vpeljave in razširitve vpeljave varnostnih mehanizmov na prometno varnost v Evropski uniji in s tem na uresničevanje strategije »Vision Zero«, pri čemer se bomo osredotočili na potencialni vpliv sistema za zaviranje v sili za motoriste aktivne varnosti MEBWS, ki je bil razvit v okviru raziskave na Fakulteti za informacijske študije v Novem mestu.

2. PREDHODNE RAZISKAVE

Pomemben dejavnik pri prometnih nesrečah z udeležnim motoristom ostaja oteženo zaznavanje in umeščanje motorista v prostor ter napačna ocenitev drugih udeležencev v cestnem prometu o njegovi lokaciji in dejanski hitrosti. Zaradi oblikovne enostavnosti in pomanjkanja prostora pa na motorju navadno najdemo le eno kombinirano svetlobno-signalno telo za označevanje vozila in signalizacijo zaviranja (zadnja pozicijska svetilka ter zavorna luč). Glede na to, da je kar 90 % vseh potrebnih informacij za vožnjo vozila vizualnega tipa, manjša vidna površina (kót) potencialno zvišuje možnost nesreče (Sivak et al. v [8], str. 534). Da bi preprečili nesrečo (nalet), mora zavorna luč motornega kolesa zagotoviti hitro, razločno in zadostno informacijo, da vozniki zadaj lahko pravočasno odreagirajo. Številne raziskave so bile izvedene in so se osredotočale na tovrstni problem pri avtomobilih. Najbolj poznan je primer tretje zavorne luči, ki povečuje vidnost (Farmer v [8], str. 534). Študij, ki bi se osredotočale na motorna kolesa pa je relativno malo.

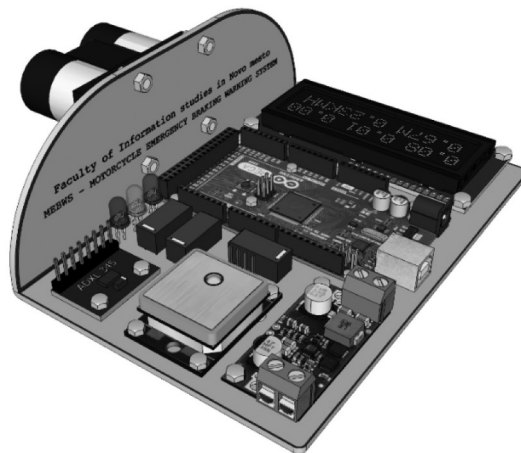
Dosedanje raziskave so določile mejne pogoje za delovanje sistemov za opozarjanje v primeru nujne, zasilne zaustavitve z dodatno utripajočo zavorno lučjo v sili, reakcijske čase voznikov ter omejitve človeškega zaznavanja vizualnih signalov za zaviranje. EBD, zavorne luči v sili (angl. Emergency Braking Display, lahko tudi signal zasilnega ustavljanja, angl. Emergency Stop Signal) so luči, katere začnejo hitro utripati, ko voznik na vso moč začne zavirati (negativni pospešek je vsaj 6 m/s²) ([9] str. 2). To so lahko standardne zavorne luči ali pa varnostne utripalke ([10] str. 8). Sistem je še posebno učinkovit na avtocestah ([9], str.: 8). Parametri delovanja EBD zavnih luči v sili so predmet nekaterih mednarodnih predpisov (ECE regulativa 48, poglavji 6.23 in 6.25 ter UNECE Regulativa št. 13-H, poglavji 5.2.1.31 in 5.2.23), ki pa ne veljajo za motorna kolesa.

Kusano in Gabler [11] sta leta 2011 naredila študijo glede učinkovitosti sistemov za zmanjševanje posledic prometnih nesreč (naletov) pri osebnih, dostavnih ter lahkih tovornih vozilih. Sistem PCS (angl. PCS, Pre-Collision System) je sestavljen iz več podsistemov: FCW (angl. FCW, Forward Collision Warning), PBA (angl. PBA, Pre-crash Brake Assist) in AEB (angl. AEB, Autonomous Emergency Braking). V študiji, kjer je bilo obravnavanih približno 1.080.000 naletov v letih od 1993 do 2008 sta ugotovila, da sistem PCS z ostalimi vključenimi podsistemi statistično značilno vpliva na zmanjševanje možnosti nastanka nesreče oz. na zmanjševanje posledic le-te. Avtorja [11] sta izračunala, da bi sistemi FCW, PBA in AEB skupaj preprečili 7,7 % naletov, v nesrečah, ki jih ne bi mogli preprečiti, pa bi se mediana ΔV (sprememba hitrosti pri trku) zmanjšala za 34 % (iz 17,0 km/h na 11,3 km/h). Delež voznikov (pripetih z varnostnim pasom), ki bi utrpeli srednje do hude (smrtne) poškodbe bi se zmanjšal za 50 % (iz 12,338 na 6,123) ([11], str. 10). Cicchino [12] je v raziskavi o učinkovitosti kombinacij FCW, AEB in FCW + AEB ugotovila, da sistem za opozarjanje na trk FCW zmanjša možnost naleta za 27 %, v kombinaciji z avtonomnim zaviranjem AEB pa za 50 %. Možnost, da bi v naletu utrpeli telesne poškodbe se tako zmanjšajo za 20 % z uporabo sistema za opozarjanje na trk FCW, skupaj s sistemom AEB pa za 56 %. Avtorica poudarja, da če bi v ZDA vsa vozila v letu 2014 imela vgrajena sistema FCW + AEB, bi bilo preprečenih približno milijon nesreč, posledično bi bilo približno 400.000 telesnih poškodb manj ([12], str. 1).

2.1. Opozorilni sistem za zaviranje v sili za motoriste MEBWS

Naloga opozorilnega sistema za zaviranje v sili za motoriste MEBWS (angl. Motorcycle Emergency Braking Warning System) je višanje ravni pozorne vidnosti zadka motornega kolesa z uporabo namenskih LED zavornih luči v sili.

Opozorilni sistem za preprečevanje naleta za motorna kolesa v primeru zaviranja motorista v sili ali prehitrega približevanja zasledujočega vozila rešuje problem slabega zaznavanja motoristov v prometu in s tem zmanjšuje možnost nesreče, v katerih so ti udeleženi. Sistem združuje v enem izumu dva funkcionalna dela. V prvem delu opozarja udeležence v prometu na motoristovo zaviranje v sili, kar predstavlja kontrolni sistem z odprto zanko, v drugem delu pa opozarja zasledujoče vozilo, ki se motornemu kolesu približuje prehitro, kar predstavlja kontrolni sistem z zaprto zanko. Ključni elementi sistema so LIDAR, ki omogoča zaznavanje približujočega se vozila, GPS modul, merilnik pospeškov, mikrokrmilniška enota in LED luči, ki so s sistemom povezane prek stikal za vklop zavornih luči v sili (Slika 1). Nosilec, na katerem se nahaja večina elementov sistema, se lahko vgradi v zadnji del sedeža motornega kolesa.



Slika 1. Prototip Sistema MEBWS

Delovanje prototipa je bilo empirično preizkušeno, s čimer je bila potrjena veljavnost koncepta. Algoritmi in parametri delovanja sistema temeljijo na podlagi znanstvene in strokovne literature ter so skladni s trenutno regulativo, ki velja za dvosledna vozila (podobni sistemi za enosledna vozila ne obstajajo). Inovacija je bila nagrajena z bronasto medaljo na 16. mednarodni razstavi inovacij ARCA leta 2018 v Zagrebu, kar je v okviru ARCA najvišje možno priznanje za inovacijo, ki v tistem trenutku še ni bila zaščitena s patentom. Za izum smo leta 2019 pridobili slovenski patent, ter leta 2020 patent v Ruski Federaciji (popolni preskus patenta).

3. RAZISKAVA VPLIVA VARNOSTNIH MEHANIZMOV NA PROMETNO VARNOST V EU

3.1. Izhodišče raziskave

V okviru raziskave nameravamo razviti celovit simulacijski model prometnega sistema, ki bo omogočil preučevanje vplivov varnostnih mehanizmov na prometno varnost. Z uporabo modeliranja in simulacije sistemov bomo preučili vpliv uporabe in razširjenosti MEBWS na prometno varnost v različnih scenarijih.

Glavni raziskovalni vprašanji, ki smo jih postavili v okviru naše raziskave sta

1. Kako bi uporaba MEBWS vplivala na izid (teža poškodb in materialni stroški) prometnih nezgod v izbranih tipičnih scenarijih prometne nesreče. To bo mogoče ugotoviti na podlagi krajšanja reakcijskega časa in s tem manjše verjetnosti trka oz. zmanjšane kinetične energije ob trku, in
2. Kakšen bi bil vpliv različnih stopenj penetracije MEBWS na trg motornih koles na celovito prometno varnost (tj. zmanjšanje števila prometnih nesreč in teže posledic le-teh).

3.2. Metodologija

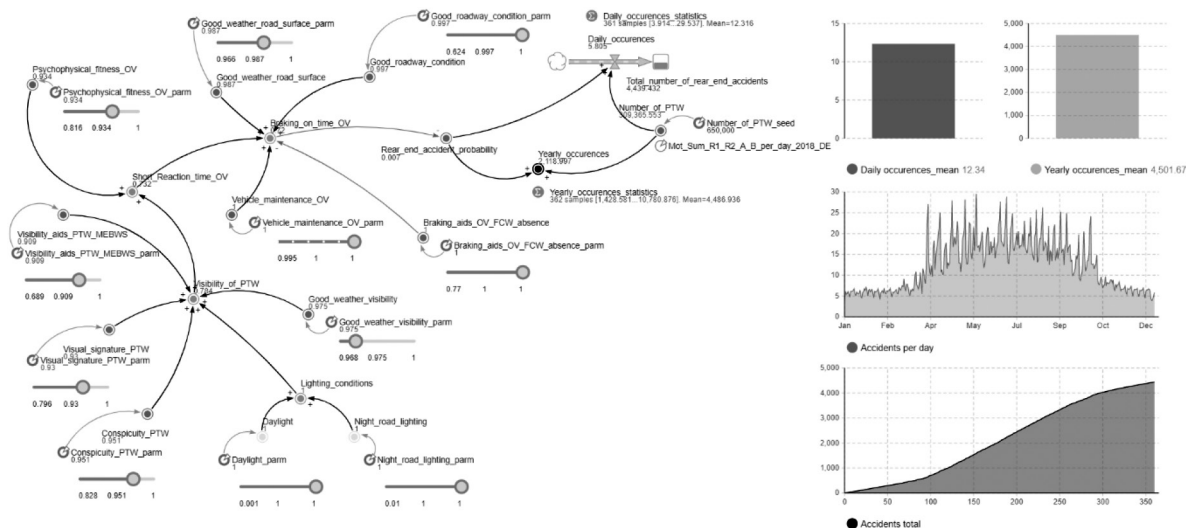
Ker terenska raziskava oz. eksperimenti iz finančnih in etičnih razlogov niso izvedljivi, bo metodologija naše raziskave temeljila na uporabi metod modeliranja in simulacije sistemov, ki omogočajo izvedbo eksperimentov v modelu realnega prometnega sistema.

Model prometnega sistema bo vseboval omrežje prometnih povezav, v katerem bosta razmerje med dolžino cest različnih kategorij in gostota prometa posameznih kategorij ustrezala razmeram v EU. Vozila in njihovo vedenje bodo modelirana z uporabo metod agentnega modeliranja ABM (angl. ABM, Agent-Based Modelling), systemske dinamike (SD) ter drugih metod. V okviru modela bomo definirali in simulirali najbolj pogoste scenarije prometnih nesreč z udeležnim motoristom.

Agentni model je tip računalniškega modela, ki se uporablja za simulacijo interakcij med posameznimi agenti nekega okolja, z namenom pojasnitve njihovega vpliva na sistem kot celoto. Definicija agentnega modela je osredotočena na koncept »agenta« ([13], str. 206). Agenti pri tem predstavljajo računalniške (pod)sisteme, ki so sposobni avtonomnega delovanja znotraj v naprej definiranih meja, z namenom, da dosežejo svoj impliciten cilj. To pomeni, da lahko agenti delujejo neodvisno, vendar pa lahko drugi agenti vplivajo na njihove odločitve. So diskretni subjekti, ki so sposobni sprejemati odločitve z uporabo postopkov ali pravil. Zaznavajo lahko spremembe okolja v katerem delujejo, zaznavajo lahko ostale agente, se prilagajajo, njihove aktivnosti pa imajo po navadi določene posledice ([14], str. 150).

Kot orodje za oceno vpliva varnostnih mehanizmov smo razvili model v metodologiji sistemske dinamike (SD model), ki omogoča preizkušanje vpliva in kalibracijo posameznih parametrov, kot so vpliv varnostnih mehanizmov, vremenskih pogojev, tehničnega stanja vozil itd. glede na obstoječe podatke o letnem številu prometnih nesreč v EU. Na podlagi končne verzije SD modela bomo znotraj modela prometnega sistema kalibrirali izračun verjetnosti za nastanek nesreče in posledic nesreče v posamezni situaciji, kjer bo obstajala možnost naleta dveh vozil. Poleg bo imel SD model tudi didaktično funkcijo, saj bo služil kot predstavitev medsebojnega vpliva raznih faktorjev na nastanek prometnih nesreč, npr. glede na vidnost, stopnjo vzdrževanja vozil, vremenske razmere vzdrževanje posameznih odsekov cest itd.

Slika 2 prikazuje aktualno verzijo SD modela. V njem se med tekom simulacije izrisuje kumulativno število prometnih nesreč (zeleni graf), ocenjeno gibanje dnevnega števila nesreč glede na prisotnost motornih koles v prometu ob posameznem delu leta in dneva (rdeči graf), dnevno povprečje števila nesreč (modri stolpec) ter letno povprečje števila nesreč (rumeni stolpec).



Slika 2. Model pojavnosti prometnih nesreč v odvisnosti od časa in vplivnih faktorjev

4. ZAKLJUČEK

V raziskavi se osredotočamo na delovanje in vpliv sistemov, ki zmanjšujejo verjetnost na nalete osebnih vozil na motorna kolesa na prometno varnost. Naš cilj je oceniti potencialne vplive vpeljave sistema MEBWS v prometni sistem EU. Za razliko od ostalih sistemov (npr. primerljivi sistemi EBD) je MEBWS možno v motorna kolesa enostavno vgraditi tudi naknadno, kar bi pri podatku, da je bilo v letu 2011 na evropskih cestah registriranih kar 37 milijonov motornih koles in mopedov, lahko pripomoglo k večji varnosti ([3], str. 3).

V dosedanjem poteku raziskave smo preučili dostopno znanstveno in strokovno literaturo ter uradna statistična poročila s področja prometne varnosti in razvili prvo verzijo modela, ki omogoča preizkušanje vpliva in kalibracijo posameznih parametrov, kot so vpliv varnostnih mehanizmov, vremenskih pogojev, tehničnega stanja vozil itd. glede na obstoječe podatke o letnem številu prometnih nesreč v EU. V nadaljevanju bomo razvili model prometnega sistema, ki bo omogočal simulacijo situacij, v katerih prihaja do prometnih nesreč z naletom v zadek motornega kolesa in agentni model udeležencev v prometu. Razviti modela prometnega sistema in udeležencev v prometu bosta omogočila modeliranje obnašanja večjega števila posameznikov

v realističnem modelu prometnega sistema in simulacijo velikega števila prometnih dogodkov. S tem bom lahko preizkusili različne scenarije vpeljave sistema MEBWS in njegov vpliv na prometno varnost.

Z modeliranjem vpliva uvedbe varnostnih mehanizmov v prometne sisteme bo načrtovana raziskava podprla načrtovalce strategij prometne varnosti in odločevalce na tem področju, in s tem prispevala k uresničitvi EU ukrepa »Vision Zero«. Hkrati bo razviti simulacijski model omogočal predstavitev rezultatov simulacijskih scenarijev posledic prometnih nesreč v oblikah, relevantnih za raziskovalce na drugih področjih (npr. industrijski inženiring, medicina dela, prometa in športa)

Raziskava je delno podprta s strani Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije – ARRS (program št. P1-0383, Kompleksna omrežja).

LITERATURA

- [1] European Commission, “Mobility and Transport Mobility and Transport,” Apr. 2007.
- [2] Organisation For Economic Co-Operation And Development (OECD) and (ITF) International Transport Forum, “Improving Safety for Motorcycle, Scooter and Moped Riders,” OECD, Oct. 2015.
- [3] ERSO, “Traffic Safety Basic Facts 2018-Main Figures Traffic Safety Basic Facts 2018 Motorcycles and Mopeds,” 2018.
- [4] S. Guderian, “Lane Sharing as a Motorcycle Rider Safety Practice; A Further Evaluation.”
- [5] T. Bońkowski, L. Hyncik, L. Hyncik, M. Hajžman, and S. Khosroshahi, “Motorist D3.1: Accident Statistics,” 2015.
- [6] European Commission, “Next steps towards ‘Vision Zero,’” 2020.
- [7] European Commission, “Mobility and transport Road Safety,” *Content of training: Best practice*, 2018. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/. [Accessed: 14-Apr-2021].
- [8] K. H. Tang, L. C. Tsai, and Y. H. Lee, “A human factors study on a modified stop lamp for motorcycles,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 36, no. 6, pp. 533–540, Jun. 2006.
- [9] GRE, “Study on the Validity of Emergency Brake light Display.”
- [10] D.-G. for I. M. European Commission Industry, Entrepreneurship and SMEs, “Report From The Commission To The European Parliament And The Council Saving Lives: Boosting Car Safety in the EU Reporting on the monitoring and assessment of advanced vehicle safety features, their cost effectiveness and feasibility for the review of th,” 2016.
- [11] K. D. Kusano and H. C. Gabler, “Safety benefits of forward collision warning, brake assist, and autonomous braking systems in rear-end collisions,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 13, no. 4, pp. 1546–1555, 2012.
- [12] J. B. Cicchino, “Effectiveness of forward collision warning and autonomous emergency braking systems in reducing front-to-rear crash rates,” *Accid. Anal. Prev.*, vol. 99, no. Pt A, pp. 142–152, Feb. 2017.
- [13] P. O. Siebers, C. M. MacAl, J. Garnett, D. Buxton, and M. Pidd, “Discrete-event simulation is dead, long live agent-based simulation!” *Journal of Simulation*, vol. 4, no. 3. Palgrave Macmillan Ltd., pp. 204–210, 02-Sep-2010.
- [14] J. Eberlen, G. Scholz, and M. Gagliolo, “Simulate this! An Introduction to Agent-Based Models and their Power to Improve your Research Practice,” *Int. Rev. Soc. Psychol.*, vol. 30, no. 1, p. 149, Jul. 2017.