

Препознавање утицајних фактора на настанак саобраћајних незгода применом дубинских анализа саобраћајних незгода и бајесове неуронске мреже

Ненад Марковић^а, Далибор Пешић^а, Борис Антић^а, Миљан Лазаревић^а

^а Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, Војводе Степе 305, Београд, Р. Србија

ПОДАЦИ О РАДУ

DOI: 10.31075/PIS.65.03.04
Стручни рад
Примљен: 17/08/2019.
Прихваћен: 15/09/2019
Аутор за кореспонденцију:
n.markovic@sf.bg.ac.rs

Кључне речи:

Саобраћајна незгода
Утицајни фактори
Дубинска анализа
Бајесова неуронска мрежа

РЕЗИМЕ

За квалитетно сагледавање стања безбедности саобраћаја није довољно анализирати само последице саобраћајних незгода, већ је потребно вршити перманентно праћење стања безбедности саобраћаја и анализирати узроке настанка саобраћајних незгода. У Свету је значај дубинских анализа саобраћајних незгода препознат још крајем 20 века. Као најсвеобухватнији метод за утврђивање утицајних фактора на саобраћајне незгоде, у свету су развијени различити модели дубинских анализа саобраћајних незгода. Применом методологије дубинских анализа на конкретну саобраћајну незгоду детаљно се утврђује утицај пута, возила, човека и окружења на саобраћајну незгоду. У Републици Србији се од 2015. године врше независне оцене утицаја пута на настанак незгоде на државним путевима, а у току 2016. године су на територији Града Београда први пут спроведене дубинске анализе саобраћајних незгода. Због сложености и високе цене које ограничавају примену овог алата, на основу поменутих анализа и искустава из експертиза саобраћајних незгода развијен је модел за препознавање утицајних фактора уз помоћ Бајесова неуронска мрежа. На основу добијених резултата може се закључити да је примењена мрежа високо поуздана за препознавање утицајних фактора, јер је показала проценат препознавања утицајних фактора у дубински анализираним незгодама од 74,1%. На основу примењеног модела може се закључити да је потребно развијати овакве моделе за анализу саобраћајних незгода, како би се на квалитетан начин могли сагледати утицајни фактори на настанак саобраћајних незгода.

1. УВОД

У Свету је у последње време забележен тренд перманентног повећања броја и последица саобраћајних незгода, на глобалном нивоу. Према подацима (WHO, 2018), током 2018. године број смртног страдања у саобраћајним незгодама у Свету је прешао 1,35 милиона. Према расположивим подацима и уоченим трендовима присутна је тенденција даљег повећања броја страдалих у саобраћају, иако је на Европском нивоу развијен план акција за безбедност саобраћаја у периоду 2011-2020. Према тренутним подацима процењује се да би према постојећем тренду 2030. смртно страдање у саобраћају постао пети узрок смртности у свету, а тренутно је осми.

Међу штетним последицама у друштву, саобраћајне незгоде се издвајају као најчешћа насилна смрт, а поготово код младих (старости од 5 до 29 година), где су саобраћајне незгоде водећи узрок смртности (WHO, 2018). Осим смртног страдања људи у саобраћајним незгодама, настају и велике материјалне штете и друге последице, а што све заједно ствара изузетно велике социјалне трошкове. Процењује се да једна саобраћајна незгода у зависности од насталих последица може представљати трошак од најмање 3.082,00 еура (незгода са лако повређеним) до 309.753,00 еура (Antic et al., 2012) па до чак 2.299.016,00 еура (Министарство транспорта Велике Британије, 2013).

Све већи број погинулих и повређених у саобраћајним незгодама, као и недовољни ефекти предузетих акција изискују нови приступ разумевању и анализама саобраћајних незгода у циљу детерминисању фактора који доводе до њиховог настанка (Марковић и др., 2018). Феноменолошким сагледавањем саобраћајних незгода добија се само оквирна слика о разлозима настанка саобраћајних незгода. За потпуно разумевање утицајних фактора неопходно етиолошки анализирати саобраћајне незгоде како би се детерминисали утицајни фактори настанка саобраћајне незгоде и дефинисао след догађаја који је претходио незгоди. Дубинске анализе саобраћајних незгода, као једна од најдеталјнијих етиолошких анализа, представљају алат којим се детаљно сагледавају сви утицајни фактори на конкретну саобраћајну незгоду (Марковић и др., 2018) и дефинише шта је све од фактора у конкретним околностима и на који начин имало утицаја.

Посебно значајно је препознавање и дефинисање утицаја сваког појединачног основног фактора (човек, возило, пут и окружење), јер се у мање развијеним или неразвијеним земљама сводио на грешке возача. Како понашање учесника у саобраћају, као и свако друго понашање је под значајним утицајем окружења, то се деловањем на окружење стварају безбеднији услови саобраћаја. На овај начин се посредно делује и на учеснике у саобраћају, па и возаче. Имајући у виду ограниченост примене дубинских анализа у потпуности, а у циљу постизања жељених резултата, издвојена је независна оцена утицаја пута на настанак и последице саобраћајних незгода као посебан алат. Ова поткатегорија дубинских анализа има за циљ анализу утицаја пута на месту незгоде на настанак и могућности сагледавања саобраћајне ситуације од стране учесника незгоде. Поједини аутори су анализирали и пратили само одређене карактеристике пута и њихов утицаја на саобраћајне незгоде, као што су Aidoo et al. (2013), анализирали утицај пута и путне околине, Gitelman et al. (2012), карактеристике локације саобраћајних незгода на тежину последица и сл.

У Републици Србији интензивно се развија и унапређује методологија вршења дубинских анализа саобраћајних незгода. Међу првима у Републици Србији су Pesic et al. (2014) дали преглед најбоље Светске праксе вршења дубинских анализа саобраћајних незгода. Затим су Markovic et al. (2015a) посебно указали на значај вршења дубинских анализа за правилно утврђивање и дефинисање утицаја пута на настанак и последице саобраћајних незгода. Марковић и други (2015b) су систематизовали методологије дубинских анализа и дали осврт на могућност њихове примене.

Такође су Markovic et al. (2015c) приказали могућност коришћења резултата експертиза саобраћајних незгода, као начина прикупљања утицајних фактора на настанак саобраћајних незгода и последица. Исти аутори су дефинисали и доминантне утицајне факторе настанка саобраћајних незгода на територији града Београда (Марковић и др., 2018). Ови аутори су у свом даљем раду наставили препознавање најважнијих утицајних фактора са циљем развија вештачке интелигенције за дефинисање утицајних фактора саобраћајних незгода о оквиру дубинских анализа.

Резултати до којих је дошао Chiou 2006 године показују да примена неуронских мрежа за анализу незгода показује високу прецизност. Структура модела базираног са 10 скривених неурона има највећи проценат тачности и у обуци (85.72%) и у валидацији (77.91%) (Chiou, 2006). Иако степен тачности модела није много висок, коефицијент повезаности између процењених и стварних степени одговорности је увек већи од 0,95 у обуци и већи од 0,88 у току валидације, показујући да предвидени резултати процене нетачних случајева не одступају много од правих резултата (Chiou, 2006).

Могућност и поузданост примене Бајесових неуронских мрежа за моделирање настанка саобраћајних незгода и последица показали су Abdel-Ati и Pande (2005) који су помоћу пробабилистичког модела неуронске мреже успели да предвиде настанак незгода на коридору "Intersatate-4" у Орланду. Аутори су показали да се најмање 70% незгода може адекватно предвидети применом неуронске мреже, што представља одличне резултате имајући у виду величину последица сваке појединачне незгоде.

Simoncic (2004) је утврдио могућност дефинисања последица незгода применом Бајесових пробабилистичких мрежа, које узимају у обзир карактеристике учесника, услове околине и карактеристике пута. За моделирање последица саобраћајних незгода у Шпанији, De Ona et al. (2011) су користили утицајне факторе применом Бајесове пробабилистичке мреже.

С друге стране Mussone et al. (1999) су анализирали степен опасности на урбаним раскрсницама помоћу вештачких неуронских мрежа. Добијени резултати не варирају значајно између различитих метрика које се користе и налазе се у оквиру наведених студија (Abdel Vahab и Abdel-Ati, 2001, Simoncic, 2004), па се може закључити да Бајесове мреже вероватноћа могу бити корисно средство за предикцију утицајних фактора настанка саобраћајних незгода и последица.

2. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

У Републици Србији истраживачи Саобраћајног факултета у Београду, су преузели методологију SafetyNet-а и формирали базу са неведених 117 обележја (фактора) проширену са још 8 обележја тако да база укупно садржи 125 обележја саобраћајне незгоде. База је формирана на основу података добијених из дубинских анализа саобраћајних незгода на територији Града Београда. У процесу спровођења дубинских анализа значајан проценат обележја је остао недоступан истраживачима, због ограничене доступности података, па су недостајући подаци у бази наведени као непознати. За дефинисање утицаја расположивих обележја (фактора) настанка саобраћајних незгода и последица у наставку су развијане и тестиране Бајесове мреже, које би омогућиле препознавање фактора који су довели до настанка незгоде и последица. Овај процес је сповођен кроз више итерација, тако што је смањиван број обележја која су узета у разматрање, а како би се постигла највећа поузданост модела са минималним сетом обележја.

Прва развијена Бајесова мрежа обухватала је сва расположива обележја саобраћајних незгода, која су похрањена у наведеној бази дубинских анализа. Унутар базе је формирано четири базе (под базе), међусобно повезане функцијама које омогућавају повезаност података за сваку појединачну незгоду. Прва од тих база садржи податке о саобраћајној незгоди и у изворном облику је садржала 13 обележја, друга база је база података о путу са 43 обележја, трећу базу чине подаци о возилима (саобраћајним јединицама) са 40 обележја и четврту базу чине подаци о учесницима (лицима) у незгоди са 29 обележја. Препознавање утицајних фактора Бајесовом мрежом за сва расположива обележја је било изузетно лоше и готово неупотребљиво. Услед великог процента обележја која су била непозната, онемогућено је добијање релевантних резултата, јер су ови подаци доминирали. У наставку су сва обележја која су била у већој мери непозната у бази дубинских анализа избачена из модела. На овај начин је добијено значајно боље утврђивање утицаја појединих фактора на незгоде.

У наставку је вршена елиминација броја фактора који су коришћени за тестирање Бајесове мреже, на основу знања и искустава експерата из експертиза саобраћајних незгода. Резултати сваке од итерација су међусобно поређени, како би се добило што веће слагање препознатих утицајних фактора са стварним. Ово је на крају резултирало дефинисањем 30 фактора на основу којих се добијају задовољавајући проценти препознавања утицајних фактора.

Мрежа података који се користе у закључивању при одређивању најзначајнијих фактора саобраћајне незгоде представљена је на Слици 1. Развијена Бајесова мрежа је имплементирана као апликација у програмском језику С#, и она је на основу расположивих обележја незгоде као резултат препознавала утицајне факторе настанка те саобраћане незгоде, као и степен утицаја сваког од препознатих фактора.

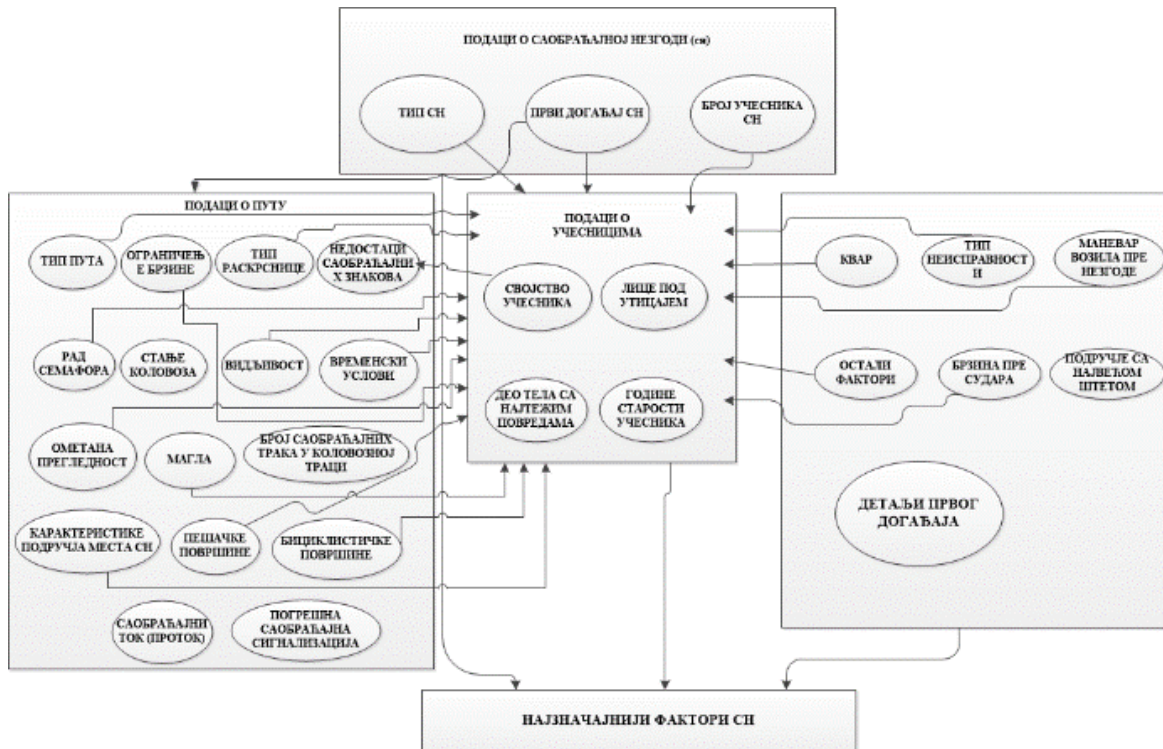
У раду су приказане шифре утицајних фактора у процесу настанка саобраћајних незгода као и типови саобраћајних незгода према CAdaS протоколу. Утицајни фактори су подељени у 9 група при чему се прва група односи на утицај пута и путне околине (101-110), друга група се односи на утицај неисправности возила (201-208), трећа група се односи на предузимање непромишљене радње од стране возача (301-310), четврта група се односи на погрешно извођење радњи у саобраћају од стране возача (401-410), пета група се односи на пропусте возача због психофизичког стања или непажње (501-510), шеста група су пропусти возача због неисклуства (601-607). Седма група су пропусти возача због неадекватне видљивости, прегледности, односно комплетног доживљаја виђења пута и саобраћаја (701-710).

Осма група су пропусти пешака (801-810) и девета група су специјални случајеви (901-906, где 999 означава остале факторе који се не могу сврстати у наведене факторе).

Како би се проверила поузданост добијених резултата развијеним програмом и верификовао програм за дефинисање утицајних фактора дубинских анализа, извршено је тестирање. За тестирање је коришћен узорак саобраћајних незгода који је дубински анализиран у току 2018. године на територији Републике Србије. За контролни узорак незгода, пре тестирања поузданости рада програма, од стране стручњака који су вршили дубинске анализе, утврђени су и дефинисани утицајни фактори сваке од незгода, на који начин је дефинисан поуздан скуп утицајних фактора у конкретним незгодама. Како би се систематизовале незгоде према сличним карактеристикама у укупном узорку дубински анализираних незгода у Републици Србији, извршено је груписање на три категорије незгода, и то незгоде са учешћем два возила, незгоде са једним возилом и незгоде са учешћем пешака. У групи незгода са учешћем два возила било је незгода у којима су учествовала два четвороточкаша, бицикл и мотоцикл. Сходно заступљености наведених незгода у укупном узорку, за контролни узорак коришћено је 9 незгода са учешћем пешака, 6 незгода са учешћем једног возила и 12 незгода са учешћем два возила, од којих је било 3 незгоде са учешћем мотоцикала и 2 незгоде са учешћем бицикала. У контролном узорку

од 27 саобраћајних незгода, дубинским анализама укупно је препознато 135 утицајних фактора, међу којима постоје понављања појединих од фактора, а који имају утицаја у више различитих саобраћајних незгода. Гледано по појединачним утицајним факторима, у посматраном узорку од 27 незгода

појавило се 39 различитих утицајних фактора, међу којима су најзаступљенији били утицајни фактори 406 (у 20 незгода), 405 (у 19 незгода) и 306 (у 10 незгода), док се значајан број утицајних фактора (укупно 18) појављивао у само по једној саобраћајној незгоди.



Слика 1. Бајесова мрежа најопштији модел за одређивање значајних фактора саобраћајне незгоде

3. РЕЗУЛТАТИ

Применом развијеног програма заснованог на Бајесовим неуронским мрежама анализирана су обележја наведених саобраћајних незгода контролне групе и у датом узорку укупно је препознато 143 фактора. Примењеним програмом у укупном броју препознатих фактора препознат је 31 различит фактор, међу којима су најзаступљенији фактори 406 (20 незгода), 405 (19 незгода), 808 (9 незгода), 303 (8 незгода), 703 (8 незгода), 708 (8 незгода). С друге стране, 11 препознатих фактора се појавило у само по једној саобраћајној незгоди.

Спроведеном анализом развијеним програмом, препознато је укупно 100 утицајних фактора који су довели до настанка незгода из контролног узорка. У укупном броју утицајних фактора програм је препознао утицаје 24 различита фактора. С друге стране, преосталих 35 утицајних фактора, од укупног броја утицајних фактора (135), није било препознато од стране програма за конкретне незгоде. Упоредивши резултате добијене применом развијеног програма и класичним дубинским анализама утврђено је да програм није препознао 21 различит утицајни фактор.

Не препознати утицајни фактори нису препознати у појединим конкретним незгодама где су имали утицаја, али је већина тих фактора била препозната у укупном узорку незгода. Програм је на основу задатих обележја незгода из контролне групе, као што је већ наведено, укупно препознао 143 фактора, па су осим утицајних фактора препознати и други потенцијални фактори који би могли имати утицаја на анализираних незгода. Осим утицајних фактора утврђених дубинским анализама саобраћајних незгода (100 утицајних фактора), програм је препознао још 21 фактор, који се појавили укупно 43 пута у контролном узорку незгода, чинећи укупно 143 препозната фактора.

Анализом броја и односа утицајних фактора и препознатих фактора по појединачној саобраћајној незгоди из контролног узорка незгода, утврђено је да се број утицајних фактора на основу дубинских анализа кретао од два до седам утицајних фактора. Број фактора које је препознао програм, као потенцијалне по појединачним саобраћајним незгодама, кретао се од два до десет фактора, при чему сви препознати фактори нису били и стварно утицајни у конкретним незгодама.

Највише препознатих утицајних фактора по незгоди је било шест, од чега су у једној незгоди то били сви утицајни фактори. Најмањи број препознатих утицајних фактора је био један, тако да није било случајева да програм није препознао ни један утицајни фактор незгоде из контролног узорка. Због лакшег разумевања добијених резултата у незгоди у којој су постојала само два утицајна фактора, програм је препознао један од та два фактора и у конкретној незгоди је остварена најмања поузданост програма од 50%.

Укупно гледано за цео контролни узорак незгода, развијени програм је показао завидан ниво поузданости препознавања утицајних фактора од 74,1%. Процент препознавања утицајних фактора различито се кретао за различите групе и типове незгода, али није био ни за један тип незгоде мањи од 50%, а што обезбеђује задовољавајући ниво поузданости рада програма, имајући у виду ограничени расположиви узорак незгода за обуку и тестирање. За групу саобраћајних незгода са учешћем пешака остварена је поузданост препознавања утицајних фактора од 78,4%, за групу незгода са учешћем једног возила од 62,9% и за групу незгода са учешћем два возила од 75,8%. Најмању поузданост препознавања утицајних фактора од 50% програм је показао код саобраћајних незгода типа 304 (силазак једног возила удесно са коловоза у правцу), док је за саобраћајне незгоде типова 103, 409, 115, из контролног узорка, показао 100% препознавања утицајних фактора.

Табела 1. Број утицајних и препознатих фактора саобраћајних незгода

Ред. бр. СН	Тип незгоде	Број утицајних фактора	Број препознатих фактора	Број препознатих утицајних фактора	Процент препознавања
1	103	6	8	6	100%
2	115	6	5	4	66,7%
3	100	5	5	4	80%
4	308	4	5	3	75%
5	306	5	4	3	60%
6	305	7	6	4	57,1%
7	402	6	9	5	83,3%
8	406	5	7	4	80%
9	406	7	7	6	85,7%
10	406	5	6	4	80%
11	409	3	3	3	100%
12	503	5	3	3	60%
13	400	4	4	3	75%
14	115	3	4	3	100%
15	401	7	7	6	85,7%
16	304	2	2	1	50%
17	510	6	7	4	66,7%
18	100	3	3	2	66,7%
19	123	6	6	4	66,7%
20	409	5	6	3	60%
21	103	7	10	6	85,7%
22	304	4	5	3	75%
23	100	5	4	3	60%
24	101	5	5	4	80%
25	306	5	4	3	60%
26	402	3	3	2	66,7%
27	405	6	5	4	66,7%
Ук.	-	135	143	100	74,1%



Слика 2. Број стварних и препознатих утицајних фактора по незгодама

Поузданост препознавања утицајних фактора се показала бољом код незгода са учешћем два возила и незгода са учешћем пешака у односу на незгоде са учешћем једног возила. Потпуно препознавање утицајних фактора од стране програма остварено је у три саобраћајне незгоде, две са учешћем пешака и једном са учешћем два возила. Половично препознавање остварено је у само једној незгоди у којој је учествовало једно возило. У шест саобраћајних незгода препознато је 66,7% утицајних фактора, у пет незгода 60%, у четири незгоде 80%, у по три незгоде 85,7% и 75%, док је у по једној незгоди препознато 83,3% и 57,1% утицајних фактора.



Слика 3. Процент препознатих утицајних фактора по незгодама

Најчешћи утицајни фактори у контролном узорку незгода били су фактори 406, 405, 306, 501, од којих су готово сви и потпуно препознати од стране програма. Већина доминантних утицајних фактора у контролном узорку незгода је у значајној мери и препозната од стране програма, што додатно указује на добру поузданост откривања доминантних утицајних фактора у односу на остале факторе. Фактори који су ређе имали утицаја на настанак незгода су и у мањој мери препознавани од стране програма, а што је последица немогућности обучавања програма због ограниченог узорка расположивих незгода са тим утицајним факторима.



Слика 4. Расподела препознатих утицајних фактора по незгодама

Анализа препознавања појединачних утицајних фактора на настанак незгоде од стране програма, односно поузданост препознавања појединачног утицајног фактора, показала је да најчешћи утицајни фактори настанка незгода бивају у потпуности препознати од стране програма (фактори 405, 406, 306, 703, 303 и 104).

Поједини од утицајних фактора који се мање појављују у контролном узорку незгода као утицајни, ређе се и препознају програмом, а поједини утицајни фактори уопште нису препознати од стране програма (108, 704, 307, 409, 999). Непрепознавање појединих утицајних фактора захтева детаљније анализирање разлога и околности када нису препознати, а што ће бити детаљније анализирано у дискусији резултата.



Слика 5. Однос препознатих и непрепознатих утицајних фактора контролне групе незгода

Најчешће непрепознати фактор у контролном узорку незгода био је фактор 108, који није препознат у 5 саобраћајних незгода, а у којима је имао утицаја. За њим следи фактор 704 са четири непрепознавања и фактор 307 са три непрепозната утицаја.

Ова три фактора се могу издвојити као фактори за које је неопходно детаљније анализирати разлоге њиховог непрепознавања од стране програма, док се остали непрепознати фактори веома ретко јављају у незгодама и није их било у узорку незгода за обучавање, па то није неопходно ни детаљније анализирати.



Слика 6. Учесталост непрепознавања појединих утицајних фактора

Анализом групе незгода са учешћем пешака утврђено је изузетно препознавање најчешћих утицајних фактора. Највише заступљени утицајни фактори у контролном узорку незгода су готово стопроцентно препознати, осим што утицај фактора 803 у једној незгоди није препознат. Најзаступљенији утицајни фактор код ове групе незгода, а који је и навише препознат од стране програма, је фактор 406, за којим следе фактори 802, 803 и 104. Такође, код средње заступљених утицајних фактора препознавање је потпуно, при чему се за факторе 808 и 806 може истаћи да је веће препознавање од стране програма него што они реално имају утицаја у конкретним незгодама. Поједини од утицајних фактора (509, 605, 707, 805 и 810) са изразито малом учесталошћу (по једно појављивање у узорку незгода) су били непрепознати од стране развијеног програма. Насупрот томе, поједини од фактора (101, 103, 202 и 402), који нису имали утицаја на конкретне незгоде са учешћем пешака, препознати су од стране развијеног програма, а што је потребно детаљније анализирати у наставку.

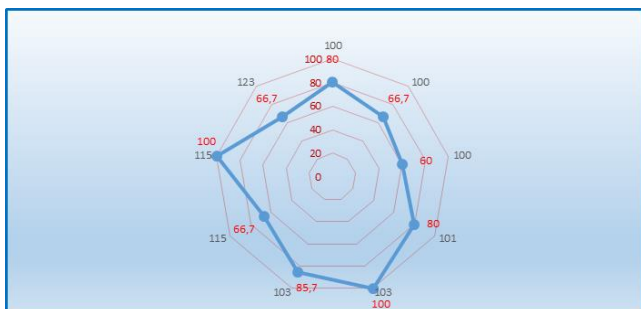


Слика 7. Однос препознатих и утицајних фактора код незгода са учешћем пешака

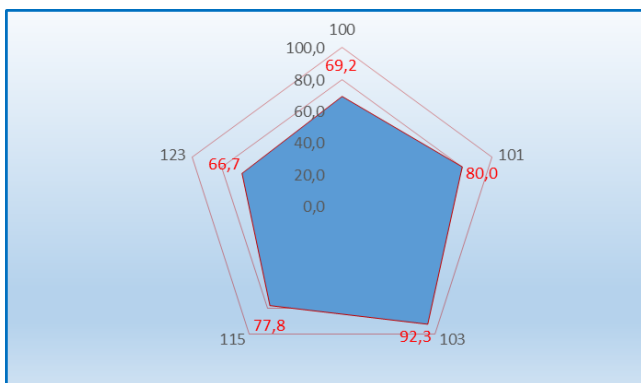
Процент препознавања утицајних фактора саобраћајних незгода са учешћем пешака се кретао између 60% и 100%. У само једној незгоди проценат препознатих фактора је био 60%, а у по три незгоде је био 66,7% и 80%, док је у две незгоде био 100% и у једној незгоди 85,7%.

Може се закључити да проценат поузданости препознавања утицајних фактора варира од незгоде до незгоде, чак и за исте типове незгода у оквиру групе незгода са пешацима, а што може бити у вези са различитим околностима под којима настају незгоде истог типа.

Ради бољег сагледавања утицаја појединих фактора на сличне незгоде, извршено је груписање утицајних фактора према типу незгоде. Добијена је просечна поузданост препознавања утицајних фактора по појединим типовима незгода из контролног узорка. За тип саобраћајне незгода 100 (Прелазак пешака са леве стране ван раскрснице без скретања) остварена је просечна поузданост 69,2%, док је за тип 103 просечна поузданост 92,3% и за тип 115 просечна поузданост 77,8%. За остале типове незгода са пешацима није било више незгода у посматраном контролном узорку, па није било могуће утврдити просечне вредности поузданости, па је коришћена већ утврђена поузданост на нивоу једне незгоде.



Слика 8. Процент препознатих утицајних фактора код незгода са учешћем пешака



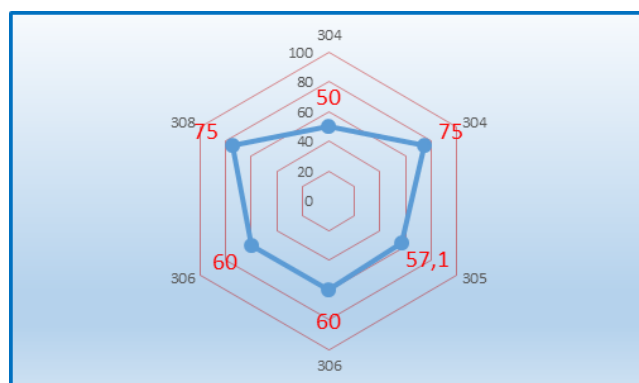
Слика 9. Процент препознатих утицајних фактора код незгода са учешћем пешака према типу незгоде

У групи незгода са учешћем једног возила из контролног узорка незгода, три фактора (405, 501 и 502) су стопроцентно препознати од стране програма. Остали фактори који су чешће имали утицаја у контролном узорку су и у већој мери препознати од стране програма, док су фактори који су ређе имали утицаја и ређе препознати од стране програма (201, 509 и 999).

Као и у претходним анализама и у узроку незгода са учешћем једног возила препознати су поједини фактори од стране програма, а који нису имали утицаја на конкретне незгоде из контролног узорка (303, 708, 706, и 707). Процент препознавања утицајних фактора саобраћајних незгода са учешћем једног возила, из контролне групе, указује да су у овој групи незгода остварени најлошији резултати препознавања. У једној саобраћајној незгоди ове групе незгода, остварена је минимална поузданост за цео контролни узорак незгода, од 50%. Поузданост препознавања утицајних фактора се у овој групи незгода кретала од минималних 50% до максималних 75%, што дефинитивно указује да је препознавање утицајних фактора у овој групи незгода испод просека за цео контролни узорак незгода, као и за преостале две групе незгода. Анализом поузданости по утицајним факторима уочено је да је за фактор 304 препозната различита поузданост од незгоде до незгоде, док је за фактор 306 константна поузданост за све незгоде из узорка.



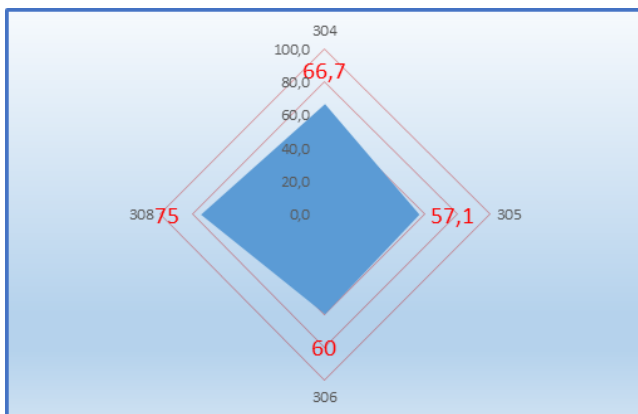
Слика 10. Однос препознатих и утицајних фактора код незгода са учешћем једног возила



Слика 11. Процент препознатих утицајних фактора код незгода са учешћем једног возила

Груписањем поузданости утврђивања утицајних фактора према типу незгоде добијена је просечна поузданост препознавања утицајних фактора код незгода типа 304 од 66,7%, док су за остале типове незгода из контролног узорка просечне поузданости идентичне појединачним поузданостима тих појединачних незгода.

Код незгода са учешћем два возила из контролне групе незгода, остварено је највеће потпуно препознавање најчешћих утицајних фактора ове категорије незгода. За најдоминантније факторе 405 и 406 остварено је стопроцентно препознавање, као и за факторе 501, 307, 302 и 101, који су мање заступљени у посматраном узорку незгода. Код ове групе незгода поједини утицајни фактори попут фактора 108, 308, 403, 404, 407, 701 и 999 нису препознати од стране програма као утицајни, мада им је и учесталост утицаја изузетно мала. Код појединих утицајних фактора (303, 708, 306, 202, 703, 707, 506 и 408) присутна је већа заступљеност препознавања од стварног утицаја у анализираној групи незгода, а што свакако омогућава потпуно препознавање њиховог утицаја у свим незгодама када га има, као и на указивање на могући утицај у осталим незгодама. И у овој групи незгода постоје фактори које је програм препознао, а нису били од утицаја на конкретне незгоде из контролног узорка и то су фактори 508, 509 и 602.



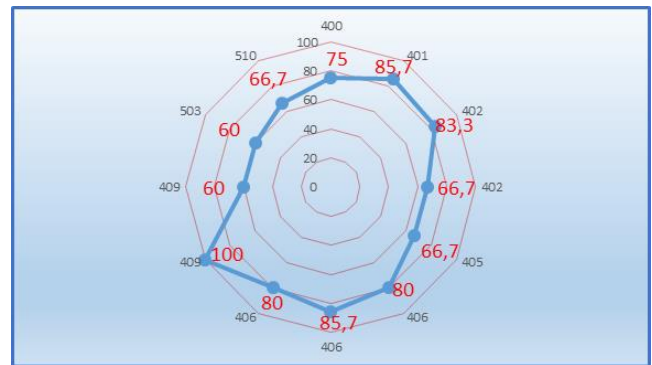
Слика 12. Процент препознатих утицајних фактора код незгода са учешћем једног возила према типу незгоде



Слика 13. Однос препознатих и утицајних фактора код незгода са учешћем два возила

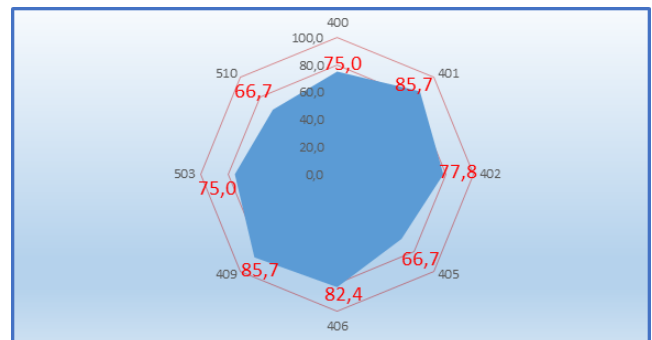
Процент препознатих утицајних фактора код саобраћајних незгода са учешћем два возила из контролне групе незгода, показао је високу поузданост препознавања. Поузданост се креће од најмање 60% до највише 100%, при чему је за један исти тип саобраћајне незгоде (409) препознат

максимални и минимални проценат утицајних фактора, што указује на значај детаљнијег анализирања разлика између тих незгода. У једној саобраћајној незгоди остварено је 100% препознавања утицајних фактора, у две незгоде 85,7%, 80% и 60%, у једној незгоди 83,3% и 75%, у три незгоде 66,7%.



Слика 14. Процент препознатих утицајних фактора код незгода са учешћем два возила

Груписањем поузданости утврђивања утицајних фактора према типу незгоде, у групи незгода са учешћем два возила из контролне групе, добијена је просечна поузданост препознавања утицајних фактора код типа незгоде 402 од 77,8%, код типа незгоде 406 од 82,4% и код типа незгоде 409 од 85,7%. За остале типове незгода из контролног узорка незгода са учешћем два возила, просечне поузданости су идентичне појединачним поузданостима тих незгода, јер није било више незгода истог типа у узорку.



Слика 15. Процент препознатих утицајних фактора код незгода са учешћем два возила према типу незгоде

4. ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧАК

Како је наведено у уводном делу рада у Републици Србији од 2014 године група експерата се перманентно баве дубинским анализама саобраћајних незгода и унапређивањем методологије и повећању применљивости дубинских анализа. Овај рад указује на развијени модел за унапређивање дубинских анализа саобраћајних незгода, применом Бајесове неуронске мреже.

Пракса у Свету показује да овакви модели дају одличне резултате у области безбедности саобраћаја и саобраћајних незгода. У уводном делу рада указано је на ауторе који су се бавили применом Бајесових неуронских мрежа у саобраћају још од 1999. године. Chiou је у свом истраживању 2006 представио модел неуронских мрежа за анализу незгода са тачношћу од око 78%. Модел приказан у овом раду је такође високе прецизности при чему модел развијен овим истраживањем у 74% случајева препознаје стваре утицајне факторе настанка незгода.

Примењени модел у укупном броју препознатих фактора препозно је 31 различит фактор, међу којима су најзаступљенији фактори неодговарајућа процена путање или брзине другог учесника у саобраћају (406), пропуст возача који се односи на неправилно сагледавање саобраћајне ситуације (405), затим немарно, безобзирно, ужурбано или непромишљено понашање пешака који је допринео саобраћајној незгоди (808), прелазак преко неиспрекидане разделне линије на коловозу (303), утицај пружања пута на видљивост возача (703) и утицај разних заплъускивања од стране других возача на видљивост возача (708). Оваквом анализом утицајних фактора и њиховом даљом анализом могу се дефинисати правци и мере превентивног деловања у циљу спречавања настанка саобраћајних незгода.

Код типова незгода прелазак пешака с лева у раскрсници без скретања возила, затим кретате пешака дуж коловоза у смеру кретања возила и код незгоде са најмање два возила – супротни смерови без скретања, где сударни положај није специфициран, приказани модел је препознао утицајне факторе у потпуности (100%), као што су добијени и дубинском анализом саобраћајних незгода.

У истраживању су незгоде подељене на три групе, и то незгоде са пешацима, незгоде са једним возилом и незгоде са два возила, па је за сваку од ових незгода приказано слагање са утицајним факторима на настанак незгоде између примењеног модела и дубинских анализа саобраћајних незгода.

Анализом групе незгода са учешћем пешака утврђено је изузетно препознавање најчешћих утицајних фактора. Највише заступљени утицајни фактори у контролном узорку незгода су готово стопроцентно препознати, осим што утицај фактора погрешне процене брзине и путање кретања возила од стране пешака (803) у једној незгоди није препознат. Најзаступљенији утицајни фактор код ове групе незгода, а који је и навише препознат од стране програма, је фактор неодговарајућа процена путање или брзине другог учесника у

саобраћају (406), за којим следе фактори Неопрезно ступање на коловоз пешака (802), погрешна процена брзине и путање кретања возила од стране пешака (803) и неодговарајућа/непостојећа или недовољно уочљива саобраћајна сигнализација (104).

У групи незгода са учешћем једног возила из контролног узорка незгода, три фактора (пропуст возача који се односи на неправилно сагледавање саобраћајне ситуације, возач под утицајем алкохола и возач под утицајем дроге или недозвољених лекова) су стопроцентно препознати од стране програма. Остали фактори који су чешће имали утицаја у контролном узорку су и у већој мери препознати од стране програма, док су фактори који су ређе имали утицаја и ређе препознати од стране програма. Као и у претходним анализама и у узроку незгода са учешћем једног возила препознати су поједини фактори од стране програма, а који нису имали утицаја на конкретне незгоде из контролног узорка (прелазак преко неиспрекидане разделне линије на коловозу, утицај разних заплъускивања од стране других возача на видљивост возача, утицај сунчеве светлости на заслепљивање возача и утицај кише, суснежице, снега или магле на видљивост возача). Потребно је напоменути да је модел примењен у овом истраживању веома добро препознао утицајне факторе, код незгода са једним возилом.

Код незгода са учешћем два возила из контролне групе незгода, остварено је највеће потпуно препознавање најчешћих утицајних фактора ове категорије незгода. За најдоминантније факторе пропуст возача који се односи на неправилно сагледавање саобраћајне ситуације и неодговарајућа процена путање или брзине другог учесника у саобраћају остварено је стопроцентно препознавање, као и за факторе возач под утицајем алкохола, неприлагођена брзина кретања уловима саобраћаја и стању пута, незауостављање на знак стоп или неуступање првенства на основу знака укрштање са путем са првенством пролаза и лоше или неадекватно одржаван коловоз, који су мање заступљени у посматраном узорку незгода.

Као генерални закључак рада може се издвојити велика прецизност модела примењеног у раду, па с обзиром на то правци будућих истраживања би били унапређивање методологије дубинских анализа саобраћајних незгода и потпуније базе података о незгодама, а такође и развијења нових модела са већим бројем података. Такође је потребно формирати и националне базе података са оваквим обележјима незгоде, што би могло утицати на већи број истраживања попут овог, и развијања већег броја модела.

IDENTIFYING CONTRIBUTING FACTORS ON OCCURRENCE TRAFFIC ACCIDENTS APPLYING IN-DEPTH STUDIES AND BAYESIAN NEURAL NETWORKS

Nenad Marković, T.E.

University of Belgrade – Faculty of Transport and Traffic Engineering,
n.markovic@sf.bg.ac.rs

Dalibor Pešić, Ph.D. T. E.

University of Belgrade – Faculty of Transport and Traffic Engineering,
d.pesic@sf.bg.ac.rs

Boris Antić, Ph.D. T. E.

University of Belgrade – Faculty of Transport and Traffic Engineering,
b.antic@sf.bg.ac.rs

Miljan Lazarević, M.Sc. T. E.

University of Transport and Traffic Engineering,
miljanlazarevic2@gmail.com

Abstract: It is not enough to analyse the consequences of traffic accidents for quality consideration of traffic safety, but it is necessary to permanently monitor the traffic safety situation and analyse the causes of traffic accidents. Worldwide, the importance of an in-depth study of traffic accidents has been recognized by the end of the 20th century. Different models of in-depth study analysis of traffic accidents have been developed worldwide as the most comprehensive method for determining the impact factors on traffic accidents. The application of the methodology of in-depth study analysis to a particular traffic accident details the impact of road, vehicle, human, and environment on a traffic accident. In the Republic of Serbia, independent assessment of the impact of the road on traffic accident on state roads have been carried out since 2015, and in the course of 2016, in-depth analysis of traffic accidents for the first time carried out at the territory of the City of Belgrade. Due to the complexity and high cost of limiting the use of this tool, a model for identifying influencing factors using a Bayesian neural network has been developed based on the aforementioned analysis and experience from traffic accident expertise. Based on the results obtained, it can be concluded that the applied network is highly reliable for the recognition of influential factors, as it showed the percentage of recognition of influential factors in deeply analyzed accidents of 74.1%. Based on the applied model, it can be concluded that similar models should be developed for analysis of traffic accidents so the contributing factors could be analyzed in a quality way.

Кljučне речи / Keywords: traffic accident, influential factors, in-depth analysis, Bayesian neural network.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Aidoo, E. N., Amoh-Gyimah, R., & Ackaah, W. (2013). The effect of road and environmental characteristics on pedestrian hit-and-run accidents in Ghana. *Accident Analysis & Prevention*, 53, 23-27.
- [2] Abdel-Aty, M., Pande, A., 2005. Identifying crash propensity using traffic speed conditions. *J. Safety Res.* 36 (1), 97–108.
- [3] Abdel Wahab, H.T., Abdel-Aty, M.A., 2001. Development of artificial neural network models to predict driver injury severity in traffic accidents at signalized intersections. *Transport. Res. Record.* 1746, 6-13.
- [4] Antić, B., Vujanic, M., Lipovac, K., Pesic, D. (2012). Estimation of the traffic accidents costs in Serbia by using dominant costs model. *Transport.* 26:4, 433-440.
- [5] Chiou, Y. C. (2006). An artificial neural network-based expert system for the appraisal of two-car crash accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 38(4), 777-785.
- [6] De Ona, J., Mujalli, R.O., Calvo, F.J., 2011. Analysis of traffic accident injury severity on Spanish rural highways using Bayesian networks. *Accid. Anal. Prev.* 43, 402-411.
- [7] Department for Transport – Great Britain. (2013). Valuation of road accidents and casualties in Great Britain, Annual report.
- [8] Gitelman, V., Balasha, D., Carmel, R., Hendel, L., & Pesahov, F. (2012). Characterization of pedestrian accidents and an examination of infrastructure measures to improve pedestrian safety in Israel. *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 63-73.
- [9] Марковић Н., Пешић Д., Антић Б., Лазаревић М., (2018). Детерминисање утицајних фактора применом метода дубинских анализа, 7. Међународна Конференција „Безбедност саобраћаја у локалној заједници“ Република Српска, Бања Лука
- [10] Марковић, Н., Вујанић, М., Липовац, К., Антић, Б., Пешић, Д., (2015). Методологија дубинских анализа саобраћајних незгода, Пут и Саобраћај 61 (2), 51-58, 2015, ИССН 0478-9733
- [11] Марковић, Н., Пешић, Д., Мацура, Д., Шелмић, М. 2015. Независне оцене саобраћајних незгода са погинулим на јавним путевима, 10. Међународна Конференција „Безбедност саобраћаја у локалној заједници“
- [12] Марковић, Н., Вујанић, М., Липовац, К., Антић, Б., Пешић, Д. (2015). Дубинске анализе саобраћајних незгода – савремени приступ превентивног деловања у безбедности саобраћаја "Безбедност саобраћаја у локалној заједници" Бања Лука
- [13] Mussone, L., Ferrari, A., Oneta, M., 1999. An analysis of urban collisions using an artificial intelligence model. *Accid. Anal. Prev.* 31 (6), 705–718.
- [14] Pesic, D., Vujanic, M., Lipovac, K., Antić, B., (2014). In-depth analyses of road accidents, state-of-the-art and the possibilities for the implementation in the Republic of Serbia, Road Accidents prevention 2014, XII International Symposium
- [15] Simoncic, M., 2004. A Bayesian network model of two-car accidents. *J. transport. and stat.* 7(2/3), 13-25.
- [16] World Health Organization (2018). Global status report on road safety