

ПРИМЕНА МОДИФИКАЦИОНИХ ФАКТОРА САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА У ПРОЦЕСУ ПРОЈЕКТОВАЊА ПУТЕВА

Горан Шеница

Институт за путеве а.г., Београд, Србија, goran.senica@gmail.com

Светозар Мајсторовић

SNC-Lavalin Inc. Торонто, Канада

Резиме: Укључивање размајрања безбедности у процес пројектовања путева представља један од главних циљева управљања квалитетом безбедности. Путеви пројектовани са посебном пажњом посвећеној безбедности могу значајно смањити број и тежину саобраћајних незгода. Циљ је потребно да пројектанти имају поуздан метод за процену безбедносних перформанси постојеће и планиране (пројектоване) пута. Потребно је знати безбедносне карактеристике пута у садашњем стању, као и какве ће оне бити у будућности ако се примени одређена мера. Примена модификационих фактора саобраћајних незгода је метод за процену промена у погледу безбедности које прати примену одређене мере. Коначни циљ је да се уверимо да пројектована мера пружа задовољавајући баланс између коштања и ефикасности постојећег безбедности.

Кључне речи: Безбедност саобраћаја, пројектовање путева, модификациони фактори саобраћајних незгода

APPLICATION OF ACCIDENT MODIFICATION FACTORS IN THE ROAD DESIGN PROCESS

Abstract: Incorporating safety into the road design process is one of the main goals of the road safety management. Roads designed with an explicit attention to safety could significantly reduce the frequency and the severity of road accidents. Therefore, designers need reliable method for estimating the safety performance of an existing or planned roadway. They need to know what the safety performance of road is now and what it is likely to be in the future if particular proposed actions are taken. Application of accident modification factors is one tool for estimating the change in safety following implementation of a countermeasure. The objective is to ensure that the design offers a reasonable balance between cost and effectiveness.

Key words: Road safety, road design, accident modification factors

1. УВОД

Традиционални приступ пројектовању путева обезбеђује номинални ниво безбедности кроз поштовање минималних пројектних критеријума за кључне пројектне елементе. Код оваквог приступа пројектанту нису познате корелације између учесталости и тежине саобраћајних незгода са једне и примењених пројектних елемената са друге стране. Идеално би било када би процес пројектовања био такав да избор пројектних елемената буде завистан од последица које изазива по питању безбедности и то тако да:

- сваки примењени елемент пружа прихватљиви ниво безбедности
- усклађеност пројектних елемената пружа конзистентан ниво пружене безбедности

- примењени пројектни елементи представљају оптимални избор односно да не буду ни предимензионисани ни поддимензионисани
- добити изведене из примењеног пројектног решења надмашују трошкове и да представљају најбоље коришћење расположивих средстава

Стога је потребно да процес пројектовања буде такав да у сваком тренутку буде присутна свест о ефектима које ће пројектно решење имати у погледу безбедности. Ово подразумева експлицитно вредновање ефеката безбедности за свако разматрано варијантно решење коришћењем алата којима је могуће квантификовати ове ефекте. Један од алата који је представљен у овом раду је примена модификационих фактора саобраћајних незгода у циљу процене безбедносних карактеристика пројектованих варијантних решења.

2. МЕТОДОЛОГИЈА ПРОЦЕНЕ БЕЗБЕДНОСТИ

Процена безбедности путног сегмента или раскрснице подразумева:

- примену основног модела,
- примену модификационих фактора саобраћајних незгода,
- модификацију добијених резултата како би се укључили и евентуално доступни историјски подаци о броју саобраћајних незгода.

2.1 Модел процене броја саобраћајних незгода

Модел процене броја саобраћајних незгода представља једначину или сет једначина који се може користити да би добили очекивану учесталост саобраћајних незгода за одређени путни ентитет. Овај модел представља комбинацију основног модела и једног или више модификационих фактора саобраћајних незгода. Основни модел се користи како бисмо добили очекивани број саобраћајних незгода за типичан путни сегмент или раскрсницу, док нам модификациони фактори омогућавају прилагођавање резултата основног модела специфичним елементима пројектне геометрије. Основни облик модела процене броја саобраћајних незгода је:

$$E[N] = E[N]_b \times AMF_1 \times AMF_2 \times \dots \times AMF_n \quad (1)$$

где је:

$E[N]$ – очекивана учесталост саобраћајних незгода (број незгода/год.)

$E[N]_b$ – очекивана учесталост саобраћајних незгода основног модела (бр. незгода/год.)

AMF_i – модификациони фактор за одређени геометријски елемент или елемент контроле саобраћаја

За одређену путну деоницу очекивана учесталост саобраћајних незгода износи:

$$E[N]_d = \sum_{j=1}^m E[N]_j \quad (2)$$

где је:

$E[N]_d$ – очекивана учесталост саобраћајних незгода путне деонице

$E[N]_j$ – очекивана учесталост саобраћајних незгода за путни сегмент, односно раскрсницу

2.2 Основни модел процене саобраћајних незгода

Генерализовани облик основног модела за путни сегмент је:

$$E[N]_b = a \cdot PGDS^b \cdot L \cdot f, \quad (3)$$

где је:

$E[N]_b$ – очекивана учесталост саобраћајних незгода основног модела (бр. незгода/год.)

a, b – калибрациони коефицијенти

$PGDS$ – просечни годишњи дневни саобраћај (воз./дан)

L – дужина путног сегмента (km)

f – локални калибрациони фактор

Калибрациони коефицијенти a и b се користе како би се добио модел за путеве различитих функционалних карактеристика. Локални калибрациони фактор f се користи како би се модел прилагодио локалним условима.

Основни модел за раскрснице може се писати као:

$$E[N]_b = a \cdot PGDS_{gl}^{b_1} \cdot PGDS_{sp}^{b_2} \cdot f, \quad (4)$$

где је:

$E[N]_b$ – очекивана учесталост саобраћајних незгода основног модела (бр. незгода/год.)

a, b_1, b_2 – калибрациони коефицијенти

$PGDS_{gl}$ – просечни годишњи дневни саобраћај главног правца (воз./дан)

$PGDS_{sp}$ – просечни годишњи дневни саобраћај споредног правца (воз./дан)

f – локални калибрациони фактор

2.3 Модификациони фактори саобраћајних незгода (МФСН)

Модификациони фактори саобраћајних незгода се користе како би се очекивана учесталост саобраћајних незгода добијена помоћу основног модела прилагодила одређеним геометријским карактеристикама пута, односно примењеним мерама контроле саобраћаја. По дефиницији они представљају релативну промену у учесталости саобраћајних незгода када се одређени геометријски елемент пута примени или уклони, односно уколико се одређеном геометријском елементу промене димензије. Уобичајене вредности МФСН се крећу између 0.5 и 2.0, стим што вредност мања од 1.0 значи да промена у геометрији подразумева смањење броја незгода.

За различите функционалне карактеристике пута односно раскрснице одређују се различити МФСН. Тако разликујемо МФСН за аутопутеве, двотрачне ванградске путеве, вишетрачне ванградске путеве, градске саобраћајнице, рампе на денивелисаним раскрсницама, сигнализане раскрснице на ванградским путевима, несигнализане раскрснице на ванградским путевима, сигнализане раскрснице на градским саобраћајницама, несигнализане раскрснице на градским саобраћајницама итд. У табели 1. су приказани МФСН према лит. [2]

Тип пута или раскрснице	Примена	Модификациони фактор саобраћајних незгода	
Аутопут	Пројектна геометрија	Подужни нагиб Ширина банке Ширина разделног појаса	Ширина саобраћајне траке Ширина ивичне траке Примена „rumble strip-a”
	Рубни појас пута	Удаљеност бочне сметње	
Ванградски пут	Пројектна геометрија	Радијус хор. кривине Подужни нагиб Ширина разделног појаса “Rumble strip” у средини Претицајна трака	Прелазна кривина Ширина саобраћајне траке Ширина ивичне траке “Rumble strip” у ивичној траци Попречни нагиб
	Рубни појас пута	Удаљеност бочне сметње Бочна прегледност	Нагиб косина Ширина мостова
	Контрола приступа	Учесталост прикључака	
Градска саобраћајница	Пројектна геометрија	Радијус хор. кривине Ширина ивичне траке Ивично паркирање	Ширина саобраћајне траке Ширина разделног појаса
	Рубни појас пута	Удаљеност бочне сметње	
	Контрола приступа	Учесталост прикључака	
	Остало	Присуство теретних возила	
Ванградска сигналисана раскрсница	Пројектна геометрија	Трака за лево скретање Број саобраћајних трака	Трака за десно скретање Угао укрштаја
	Контрола приступа	Учесталост прикључака	
	Остало	Присуство теретних возила	
Ванградска несигналисана раскрсница	Пројектна геометрија	Трака за лево скретање Број саобраћајних трака Присуство разделног појаса Прегледност у раскрсници	Трака за десно скретање Ширина банке Угао укрштаја
	Контрола приступа	Учесталост прикључака	
	Остало	Присуство теретних возила	
Градска сигналисана раскрсница	Пројектна геометрија	Трака за лево скретање Број саобраћајних трака	Трака за десно скретање Ширина саобраћајних трака
Градска несигналисана раскрсница	Пројектна геометрија	Трака за лево скретање Број саобраћајних трака Ширина банке	Трака за десно скретање Ширина саобраћајних трака Присуство разделног појаса

Табела 1. Модификациони фактори саобраћајних незгода за различите типове пута или раскрснице према лини. [4]

2.4 Модификација модела према прикупљеним подацима о саобраћајним незгодама

Постојање података о саобраћајним незгодама на одређеној локацији и њихово укључивање у прорачун може повећати тачност процене учесталости саобраћајних незгода. Очекивану промену у учесталости саобраћајних незгода услед промене одређених геометријских карактеристика добијамо тако што прво, помоћу једначине (1) одредимо очекивани број незгода $E [N]$ пре било каквих промена. Затим, поново примењујући једначину (1), одређујемо очекивану учесталост саобраћајних незгода након извршених измена геометријских елемената $E [N]_{\text{иосле}}$. Разлика између ове две вредности представља процену очекиване промене у учесталости саобраћајних незгода за одређени путни сегмент $\Delta N = E [N]_{\text{иосле}} - E [N]$.

Уколико постоје подаци о саобраћајним незгодама на предметном путном сегменту у протеклом периоду који су представљени као број „X” саобраћајних незгода које су се

десиле у „ y “ година, вредност „ X/y “ ће означавати просечну учесталост незгода за путни сегмент. Ова вредност би требала да буде еквивалент вредности $E[N]$, али ове две вредности углавном неће бити једнаке. Ова неједнакост се јавља из два разлога:

1. посматрано место увек поседује неке карактеристике које га разликују од „типичног“ сегмента и
2. забележени број саобраћајних незгода у протеклом периоду представља случајну променљиву

Како би се повећала тачност процене разлике у учесталости броја саобраћајних незгода, данас се најчешће користи емпиријски Бајесов метод (лит. [4]). Циљ је да се увођењем „тежинског коефицијента“ обухвати и вредност добијена помоћу једначине (1), као и забележена просечна учесталост саобраћајних незгода у протеклом периоду.

Промена у учесталости саобраћајних незгода за одређени путни сегмент сада износи:

$$\Delta N = E[N/X]_{\text{после}} - E[N/X] \quad (5)$$

$$E[N/X]_{\text{после}} = E[N/X] \cdot \frac{E[N]_{\text{после}}}{E[N]} \quad (6)$$

$$E[N/X] = \frac{E[N]}{E[N]_t} \cdot E[N/X]_t \quad (7)$$

где је:

- $E[N/X]$ = очекивана учесталост саобраћајних незгода за период у коме је забележено X саобраћајних незгода (незгода/год.)
- $E[N]$ = очекивана учесталост саобраћајних незгода за анализирани период базирана на ПГДС и геометрији примењеној у том периоду (незгода/год.)
- $E[N]_t$ = очекивана учесталост саобраћајних незгода за претходни период t базирана на ПГДС и геометрији примењеној у том периоду (незгода/год.)
- $E[N/X]_t$ = очекивана учесталост саобраћајних незгода за претходни период t у коме је забележено X саобраћајних незгода (незгода/год.)

Вредност $E[N/X]_t$ представља очекивану вредност добијену помоћу једначине (8)

$$E[N/X]_t = E[N]_t \cdot \text{weight} + \frac{X}{y} \cdot (1 - \text{weight}) \quad (8)$$

где weight представља тежински коефицијент који се израчунава као:

$$\text{weight} = \left(1 + \frac{E[N]_t \cdot y}{k \cdot L} \right)^{-1} \quad (9)$$

и где је:

- k предисперзиони параметар (1/km)
 L дужина путног сегмента (km)

Емпиријски Бајесов метод је могуће применити само у случајевима када карактеристике путног сегмента или раскрснице који се испитују нису претрпеле

значајне измене као нпр. број возних трака, промене у броју приступних праваца раскрснице итд. пошто у том случају број забележених саобраћајних незгода у протеклом периоду не може бити репрезентативан за новоконструисани путни сегмент или раскрсницу.

3. НЕКИ МОДИФИКАЦИОНИ ФАКТОРИ САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА ЗА ВАНГРАДСКЕ ПУТЕВЕ

У овом поглављу биће, као илустрација, приказани неки модификациони фактори саобраћајних незгода који се примењују код ванградских путева. Модификациони фактор саобраћајних незгода је константа или једначина која представља промену у погледу безбедности проузроковану променом карактеристика путног сегмента или раскрснице. У табели 2. приказани су неки модификациони фактори саобраћајних незгода за ванградске путеве, променљиве потребне за њихово одређивање, као и ефекат променљивих на безбедност према лит. [1].

Примена	Модификациони фактор	Улазне променљиве	Ефекат на безбедност
Пројектна геометрија	Радијус хоризонталне кривине	Радијус Дужина кривине	МФСН расте са смањењем радијуса или смањењем дужине
	Ширина саобраћајне траке	Ширина траке ПГДС	МФСН расте са смањењем ширине МФСН расте са порастом ПГДС
	„Rumble strip“ у ивичној траци и у средини коловоза	МФСН = const.	Примена смањује број незгода
Рубни појас пута	Нагиб косина	Нагиб косина	МФСН се повећава са повећањем нагиба косина

Табела 2. Модификациони фактори и ефекти на безбедности према лит. [1]

3.1 Модификациони фактор саобраћајних незгода радијуса хоризонталне кривине

У лит. [1] МФСН радијуса хоризонталне кривине дефинисан је једначином:

$$AMF_{cr} = \frac{0.96L_c + \frac{24.45}{R_c}}{0.96L_c} \quad (10)$$

где је:

L_c = дужина кривине (km)

R_c = радијус кривине (m)

Једначина (10) показује да модификациони фактор расте са смањењем радијуса хоризонталне кривине, односно смањује се са повећањем радијуса. Такође се може видети да исти конвергира јединици када радијус тежи бесконачном, односно прелази у правац. Испитивани сегмент на који се примењује једначина (10) мора да задовољи следеће критеријуме:

- Двотрачни пут без разделног појаса
- Ванградска деоница
- Минимална дужина кривине 160м
- Сегмент без раскрсница
- Сегмент без ивичњака

- Ширина банкине између 1.2 и 4м
- Ширина саобраћајне траке између 3.25 и 3.75м
- Хоризонтална кривина без прелазне кривине

Ова једначина је погодна за коришћење за полупречнике хоризонталне кривине једнаке или веће од 150м.

Модификациони фактори саобраћајних незгода добијају се анализом података о саобраћајним незгодама и карактеристикама пута за одређени регион, односно за одређену популацију. Они, самим тим, одражавају и одређене особине анализираних популације које нису директно везане за особине пута. Стога се поставља питање тачности коришћења МФСН на одређеној популацији (нпр. у одређеном региону). Да би се МФСН могли користити потребно је извршити њихову калибрацију. То захтева упоређење МФСН са трендовима догађања саобраћајних незгода на одређеној популацији. За калибрацију се користе различите регресионе технике. У лит. [3] описан је метод калибрације МФСН у три корака

1. Испитује се статистичка сагласност постојећег МФСН са подацима о незгодама
2. Уколико нема сагласности, врши се калибрација МФСН и поновно испитивање сагласности
3. Уколико и даље није постигнута сагласност развија се нови МФСН

Применом калибрације према лит. [3] за подручје државе Тексас у САД добијена је следећа једначина за МФСН радијуса хоризонталне кривине:

$$AMF_{cr} = 1 + 0.106 \left(\frac{1746}{R_c} \right)^2 \quad (11)$$

Из једначине (11) се може видети да је приликом калибрације модела утврђено да утицај дужине хоризонталне кривине нема статистичку значајност за број саобраћајних незгода.

3.2 Модификациони фактор саобраћајних незгода ширине саобраћајне траке

Просторна ограничења често захтевају примену елемената попречног профила као што су ширина саобраћајне траке, ширина ивичне траке и ширина банкине који имају мању ширину од оних који би били пожељни. Стога је неопходно размотрити утицај редукације ширине ових елемената на безбедност саобраћаја. Искуство је показало да је број незгода значајно већи на путевима на којима је ширина саобраћајне траке мања од 3.5м, нарочито када је ово сужење праћено и сужењем ивичних трака и банкина. Са друге стране примећено је да је утицај ширине саобраћајних трака на безбедност значајно мањи код путева са мањим саобраћајним оптерећењем. Стога су у лит. [1] приказана два различита МФСН за путеве са саобраћајним оптерећењем мањим од 2000 воз/дан и за оне са саобраћајним оптерећењем већим од 2000 воз/дан. МФСН за ширину саобраћајне траке код двотрачних путева према лит. [1] дефинисан је једначином:

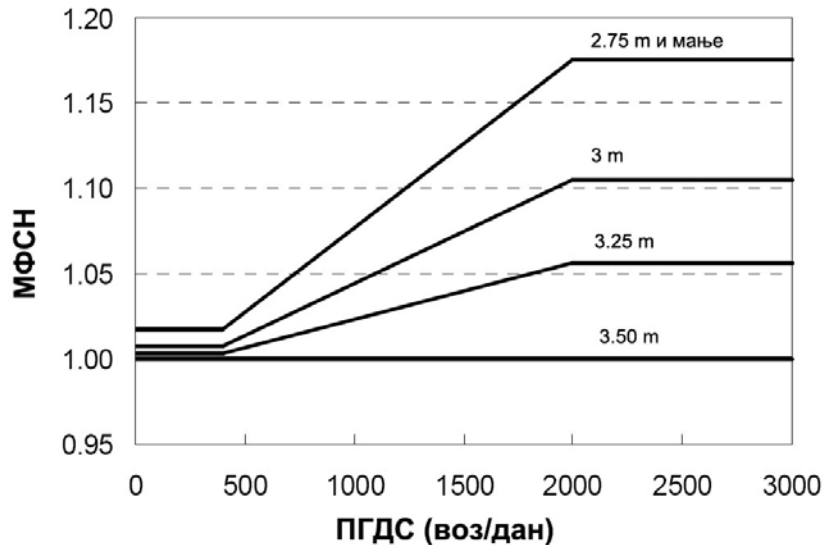
$$AMF_{lw} = \left(e^{-0.154(W_i - 3.658)} - 1.0 \right) \frac{0.42}{0.36} + 1.0 \quad (12)$$

где је:

AMF_{lw} = МФСН ширине саобраћајне траке
 W_i = Ширина саобраћајне траке

Једначина 12 применљива је код двотрачних ванградских путева без разделног појаса, на сегменту минималне дужине 160м без раскрсница, на попречном профилу са банкином и без ивичњака и за путеве са саобраћајним оптерећењем већим од 2000 воз/дан. Као основа за овај модел узета је ширина саобраћајне траке 3.66м (12 ft) и за ову вредност МФСН износи 1.0. За случај смањења ширине саобраћајне траке повећава се МФСН док се за случај веће ширине саобраћајне траке узима да је МФСН једнак јединици.

За путеве са саобраћајним оптерећењем мањим од 2000 воз/дан МФСН се може одредити из следећег дијаграма:



Слика 1. МФСН ширине саобраћајне траке према лит. [1] за ПГДС < 2000 воз/дан

3.3 Модификациони фактор саобраћајних незгода за примену елемента “rumble strip” у ивичној траци и средини коловоза

Примена “rumble strip” елемента даје како звучно тако и физичко упозорење возачу о напуштању саобраћајне траке. Примена овог елемента у ивичној траци доводи до смањења броја саобраћајних незгода изазваних слетањем са пута, док његова примена у средини коловоза доводи до значајног смањења броја саобраћајних незгода изазваних чеоним сударима. Према лит. [1] МФСН за примену “rumble strip” елемента су константе и износе за двотрачне ванградске путеве:

$AMF_{srs}=0.99$ МФСН за “rumble strip” елмент у ивичниј траци

$AMF_{crs}=0.86$ МФСН за “rumble strip” елмент у средини коловоза

Вредности МФСН дати овде односе се на број тешких саобраћајних незгода и могу варирати у зависности од процентуалног учешћа саобраћајних незгода насталих услед слетања са пута и услед чеоних судара у укупном броју саобраћајних незгода.

3.4 Модификациони фактор саобраћајних незгода нагиба косина

Нагиб косина може значајно утицати на учесталост саобраћајних незгода. Косине блажег нагиб омогућавају ублажавање последица за возила која из било ког разлога слете са пута. Зависност између нагиба косина и учесталости саобраћајних незгода према лит. [1] дате су једначином:

$$AMF_{ss} = \left(e^{0.69(1/S_s - 1/4)} - 1.0 \right) P_i + 1.0 \quad (13)$$

где је:

S_s = Нагиб косине

P_i = Учешће саобраћајних незгода слетања са пута у укупном броју незгода

Једначину (13) је могуће користити за нагибе косина између 1:2 и 1:7. Као основа узет је нагиб косина 1:4 и за овај нагиб је МФСН једнак јединици.

4. ПРИМЕНА МОДИФИКАЦИОНИХ ФАКТОРА САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА У ПРОЦЕСУ ПРОЈЕКТОВАЊА ПУТЕВА

Модификациони фактори се могу у процесу пројектовања путева применити за директно вредновање безбедности у процесу вредновања варијантних решења, као и у вредновању ефеката по питању безбедности код примене одступања од пројектних прописа. Такође је могуће применити МФСН и код провере усклађености пројектних елемената пута са становишта безбедности.

4.1 Вредновање варијантних решења

Примена МФСН за вредновање различитих варијантних решења могућа је у различитим фазама пројектовања, као и у различитим врстама пројеката. У фази израде генералног пројекта вредновање ефеката безбедности могуће је применити приликом одређивање геометријског попречног профила пута (број и ширина саобраћајних трака, ширина ивичних трака, ширина банкина, пројектовање претицајних трака итд.).

У фази израде идејног пројекта, применом МФСН могуће је упоредити различита варијантна решења у погледу безбедности на начин да се добије очекивана учесталост саобраћајних незгода за сваку варијанту и да се овај податак укључи у анализу добити и трошкова. Процедура одређивања очекиване учесталости саобраћајних незгода за одређену путну деоницу врши се у 6 корака.

1. Идентификовање путне деонице
2. Подела путне деонице на појединачне компоненте које ће бити анализирани (хомогени сегменти, раскрснице, рампе...)
3. Прикупљање потрбних података за анализу предметне компоненте
4. Прорачун очекиване учесталости саобраћајних незгода
5. Понављање корака 3. и 4. за сваку компоненту
6. Сумирање добијених очекиваних учесталости саобраћајних незгода за сваку компоненту како би се добила очекивана учесталост саобраћајних незгода за комплетну путну деоницу

За одређивање очекиване учесталости саобраћајних незгода путне деонице у зависности од геометријских карактеристика, као и примењене опреме пута развијени су или су у фази развоја различити алати, односно програмски пакети као што су IHSDM (Interactive Highway Safety Design Model), Safety Analyst, HSM (Highway Safety Manual) итд.

4.2 Вредновање безбедности у процесу примене изузетака од прописа за пројектовање

У одређеним околностима, када су захтеви окружења такви да није могуће доследно применити прописе за пројектовање путева, потребно је извршити проверу утицаја на безбедност примене одређених пројектних елемената. Циљ је да се покаже да примењени геометријски елементи уз поштовање захтева окружења неће угрозити безбедност, односно експлоатационе карактеристике пута. У процесу вредновања безбедности могуће је оценити у којој мери се могу компензовати недостаци у примењеним пројектним елементима применом одређених елемената саобраћајне сигнализације (контроле саобраћаја) и опреме.

4.3 Вредновање усклађености пројектних елемената пута

Усклађеност пројектних елемената пута обезбеђује да се од возача не захтевају неочекиване реакције које имају утицаја на повећање ризика да се начини грешка и самим тим угрози безбедност. Усклађеност пројектних елемената обично се квантификује у облику оцене разлике брзина између суседних геометријских елемената, односно у разматрању рада који је потребано да возач уложи како би савладао одређени геометријски елемент пута. Помоћу МФСН могуће је квантификовати добити од усклађености пројектних елемената пута. У лит. [5] аутори препоручују коришћење МФСН за утврђивање да ли промена у поједином геометријском елементу представља значајну вредност да би се сматрала неконзистентном са очекивањима возача. Промена у вредности модификационих фактора два суседна путна сегмента може указати на потребу интервенције како би се ублажиле негативне последице по питању безбедности. Аутори сматрају да разлика од 10% у МФСН захтева интервенцију, док разлика од 5% захтева разматрање могућности за побољшање.

5. ЗАКЉУЧАК

Експлицитно укључивање аспекта безбедности представља основу савременог приступа процесу пројектовања путева. Неопходно је да пројектант у сваком тренутку буде свестан ефеката које ће примењено пројектно решење имати у погледу безбедности. Примена статистичких модела за прогнозу броја, односно учесталости саобраћајних незгода омогућава квантификативно вредновање варијантних решења са аспекта безбедности саобраћаја и њихово међусобно поређење. Да би статистички модели могли бити коришћени потребно је извршити њихову калибрацију и утврдити њихову погодност за коришћење на путевима одређеног региона.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] J. Bonneson, K. Zimmerman, K. Fitzpatrick, *Interim Road Safety Design Workbook*, Texas Transportation Institute, април 2006.
- [2] J. Bonneson, K. Zimmerman, K. Fitzpatrick, *Roadway Safety Design Synthesis*, Texas Transportation Institute, новембар 2005.
- [3] J. Bonneson, D. Lord, K. Zimmerman, K. Fitzpatrick, M. Pratt, *Development of Tools for Evaluating the Safety Implications of Highway Design Decisions*, Texas Transportation Institute, фебруар 2007.

- [4] J. Bonneson, K. Zimmerman, *Procedure for Using Accident Modification Factors in the Highway Design Process*, Texas Transportation Institute, фебруар 2007.
- [5] D. Lord, J. Bonneson, *Role and application of Accident Modification Factors in the Highway Design Process*, Federal Highway Administration, FHWA/TX-05/0-4703-2, мај 2005.
- [6] M. Wooldridge, K. Fitzpatrick, D. Harwood, I. Potts, L. Elefteriadou, D. Torbic, *Geometric Design Consistency on High-Speed Rural Two-Lane Roadways*, TRB, NCHRP Report 502, 2003.
- [7] D. Harwood, F. Council, E. Hauer, W. Hughes, A. Vogt, *Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways*, Federal Highway Administration, FHWA-RD-99-207, септембар 2000.
- [8] E. Hauer, *Observational Before-After Studies in Road Safety*, Pergamon, 1997.
- [9] A. Vogt, J. Bared, *Accident Models for Two-Lane Rural Roads: Segments and Intersections*, Federal Highway Administration, FHWA-RD-98-133, октобар 1988.
- [10] M. Reurings, T. Janssen, R. Eenink, R. Elvik, J. Cardoso, C. Stefan, *Accident Prediction Models and Road Safety Impact Assesment: a state-of-the-art*, RIPCORN ISEREST, 2005.
- [11] B. Persaud, M. Griffith, C. Hayden, J. Konovov, C. Lewis, R. Pain, P. Salzberg, R. Scopatz, D. Stewart, S Washington, *Statistical Methods in Highway Safety Analysis*, TRB, NCHRP Synthesis 295, 2001.
- [12] G. Bahar, M. Masliah, C. Mollett, B. Persaud, *Integrated Safety Management Process*, TRB, NCHRP Report 501, 2003.
- [13] D. Harwood, K. Bauer, I Potts, D. Torbic, K. Richard, E. Kohlman Rabbani, E. Hauer, L. Elefteriadou, Federal Highway Administration, *Safety Effectiveness of Intersection Left- and Right-Turn Lanes*, FHWA-RD-02-089, јул 2002.
- [14] K. Fitzpatrick, D. Lord, B. J. Park, *Accident Modification Factors for Medians on Freeways and Multilane Rural Highways in Texas*, јул 2007.
- [15] D. Harkey, R. Srinivasan, C. Zegeer, B. Persaud, C. Lyon, K. Eccles, F. Council, H. McGee, *Crash Reduction Factors for Traffic Engineering and Intelligent Transportation System (ITS) Improvements: State-of-Knowledge-Report*, Research Results Digest 299, новембар 2005
- [16] E. Hauer, J. Konovov, B. Allery, M. Griffith, *Screening the Road Network for Sites with Promise*, TRB, Transportation Research Record 1784
- [17] J. Konovov, B. Allery, *Explicit Consideration of Safety in Transportation Planning and Project Scoping*, TRB, Transportation Research Record 1897.

