# Стручни критички осврт

**Сања М. Фриц (рођ. Милићевић), *Теоријско и експериментално истраживање граничних трајекторија вожње у ванградским путним кривинама*. Докторска дисертација. Београд: Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2014, 162 стр. текста с литературом, уз прилоге. Ментор доц. др Горан Младеновић; комисија: Г. Младеновић, Ђ. Узелац, Д. Гавран, G. Dell'Acqua. Отворени приступ: НаРДуС.**

---

## I Предмет, грађа и мерило

Дисертација се бави питањем које је за пројектовање путева суштинско: колико се путања и брзина путничког возила у кривини ванградског пута разликују од онога што пројекат, по важећој регулативи, претпоставља. Предмет је сужен на кривине радијуса до 250 m, у којима, по полазној претпоставци рада (слика 3.1), стварне брзине највише одступају од теоријских, а питање је постављено из угла пројектанта, не саобраћајне полиције. Рад то чини свесно: честу формулу из описа незгода (возач није прилагодио брзину условима пута) окреће ка путу, јер таква реченица, по раду, „у исто време издваја пут као једног од значајних узрочника саобраћајних незгода“ (стр. 6). Одговор се тражи у два корака: сопственим аналитичким моделом граничне вожене трајекторије, из кога се вожени радијус R' добија као корен квадратне једначине чији су сви коефицијенти познати из пројекта, и огледом на терену, у коме су наменским мерним системом, скривеним у смероказним стубовима, забележени бочни положај и брзина свих путничких возила у слободном току на по пет пресека у зони кружног лука четири кривине (на мерним местима 1 и 2 сви су пресеци на кружном луку, на мерном месту 3 први и последњи су у прелазницама, а на мерном месту 4 пресеци нису геодетски обележени).

Мерило је стање знања у време предаје рада (март 2014). Урађена дисертација предата је Факултету 27. марта 2014. године (истог дана потписане су изјаве у анексу, а датуми приступа интернет изворима падају између 3. и 22. марта 2014), а Комисија за преглед, оцену и одбрану образована је 10. априла 2014. Рад се зато мери искључиво према литератури, прописима и смерницама доступним до краја марта 2014, а прописи се наводе у тада важећој редакцији.

Основни регулативни ослонац поређења јесте онај на који се рад и сам ослања: Правилник о условима које са аспекта безбедности саобраћаја морају да испуњавају путни објекти и други елементи јавног пута („Службени гласник РС“, бр. 50/2011), који је у марту 2014. важио без измена. Треба одмах рећи и шта из тога следи у корист рада: ни тај правилник, ни швајцарска смерница како је приказује синтеза

TRB, не третирају вожени радијус. Правилник пројектну брзину одређује као „теоријска вредност брзине меродавна за димензионисање одређеног елемента пута“ (Правилник 50/2011, Прилог 2, т. 3.3.3), а швајцарска смерница, по синтези TRB, претпоставља да возило као материјална тачка прати идеалну траку — „Vehicles are regarded as point masses which negotiate a curve following an ideal lane track“ (Transportation Research Board, 2011, стр. 52). Јаз који рад испитује, дакле, стваран је; у прописима и смерницама на које се рад и овај осврт ослањају писаног стандарда за вожени радијус нема, па се модел може оценити само по унутрашњој доследности и по мерењима самог рада.

Наводи из дисертације преузети су дословно, у писму рада, са штампаним бројем стране у загради, према примерку у Националном репозиторијуму дисертација. Извештај Комисије, којег у репозиторијуму нема, наводи се према материјалима седнице Већа научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду од 1. јула 2014.

## II Шта рад доноси

Прво, рад доноси сопствени аналитички модел граничне трајекторије. Претпоставке су изричито набројане, а једна од њих модел јасно разликује од ранијих решења: „Усваја се претпоставка да овако дефинисана теоријска трајекторија има исту укупну дужину као пројектована трајекторија“ (стр. 58), чиме се модел, за разлику од Кребсовог и Анђусовог, затвара без додатних параметара. Извођење преко разлике бисектриса (изрази 4.25–4.28) геометријски је и алгебарски исправно, а решење се из података рада може поновити: за мерно место 1 добија се тачно R’ = 288,47 m, колико рад наводи. Модел тражи само величине које пројектант има већ у идејном пројекту, па је, после исправке о којој ће бити речи у одељку V, употребљив у пројектовању. Уз то, рад тачно изводи и Кребсов израз и показује да је његова упрошћена верзија апроксимација малог угла, уз исправну ограду: „Ова претпоставка тачнија је што је скретни угао кривине мањи.“ (стр. 53).

Друго, рад доноси оглед у пуној размери: пет оптичких сензора удаљености скривених у смероказним стубовима на банкини, контролер и апликација која за свако возило даје време наиласка, бочно одстојање на сваком пресеку, брзине и дужину возила. Мерење изван возила образложено је исправно — рад указује на ризик да испитаници који знају за оглед мењају понашање (стр. 64) — и изведено у складу с праксом коју је струка пре предаје рада описала: у истраживању брзина на двотрачним ванградским путевима за FHWA опрема је била скривена, „and the traffic counter/classifier unit was concealed“, а возила у слободном току одређивана су прагом од пет секунди — „Free-flow vehicles were determined using a minimum

headway of 5 s between vehicles.“ (Fitzpatrick и др., 2000, стр. 28 и 30). Мерни пресеци на три кривине државног пута обележени су геодетски (GPS RTK), с наведеном тачношћу, а на сваком месту регистровано је по неколико стотина пролазака.

Треће, величина узорка планирана је унапред, с допуштеном грешком од 2 km/h и уз претходно мерење ради оцене стандардне девијације — што је поступак изворног рада из кога образац потиче: „The trial sample size must be in excess of the unknown, required minimum number to insure proper accuracy.“ (Oppenlander и др., 1961, стр. 70). Обрасцу рад не наводи извор. Рачуни су тачни, а остварени узорци бар једнаки потребним (на мерном месту 3 уз саму границу, 84 наспрам 79). На мерним местима 2 и 3, међутим, стандардна девијација није узета из претходног мерења, него накнадно из истог узорка одсеченог на Vp, који је ужи и није нормалан; резултате то битно не мења.

Четврто, записници мерења приложени су за свако возило, с временом наиласка, бочним одстојањима и брзинама по пресецима. Из њих се V85%, стандардне девијације, бројеви пролазака и потребне величине узорка могу поновити, и, где год су понављени, у највећем делу се поклапају с табелама у границама заокруживања (изузеци су наведени у одељку VI); геометрија мерних места тачно је пренета из пројекта рехабилитације у Прилогу А; бројеви из табела и образаца Правилника тачно су пренети, изузев пројектних брзина двеју мањих кривина (одељак VII); Ламови прагови од 10 и 20 km/h рачунски су тачно примењени на приказане разлике (о самом облику критеријума в. одељак VII). Управо та отвореност омогућава и многе приговоре који следе, што треба рећи у корист рада.

Пето, рад на више места држи налазе у границама. Домет огледа ограничен је још у плану: „резултати до којих ће се доћи имаће делимично ограничен домет и на основу њих не може се извршити генерализација за све путне кривине наведеног распона радијуса на широј путној мрежи Србије“ (стр. 65). Одступање сопственог модела од мерења није прикривено — „Међутим, приметна је разлика између вредности теоријски и експериментално одређеног воженог радијуса (R’=155.851, односно R’=169).“ (стр. 113) — него је понуђено проверљиво објашњење (утицај претходне кривине). Највредније је признање на месту где би било најлакше претерати: „Неопходно је нагласити да због обима истраживања није било могуће дефинисати аналитичку зависност између очекиване вожене брзине – V85% и воженог радијуса – R’.“ (стр. 132). Рад, дакле, не нуди регресију на три тачке.

Шесто, рад самостално проверава један туђ налаз. Ламова група нашла је да мокар коловоз мало мења брзине: „Ample evidence exists to indicate that wet pavement does not have a great effect on operating speed“ (Lamm и др., 1990, стр. 199). Рад мери исту кривину на сувом и мокром коловозу и налази разлику од око 9 km/h (89,06 према 79,74 km/h у табели 5.17; по тексту рада „те разлике износе око 10 km/h“, стр. 136); из

записника у Прилогу Б излази да се разлика од осам до девет km/h задржава и кад се упореде исти сати оба дана. Свој налаз рад отворено ставља наспрам литературе (стр. 136), уз ограду да се с једне кривине не може уопштавати (стр. 131).

Најзад, практични део има употребљивих порука за пројектанта. Принцип да пројектну брзину треба одређивати из вожене, а не из пројектоване трајекторије — „пројектну брзину вожње у кривини треба одредити на основу радијуса вожене (очекиване) трајекторије, а не на основу радијуса идеалне (пројектоване) трајекторије“ (стр. 57) — има упориште у литератури која је постојала пре предаје рада: Лам и сарадници траже да се попречни нагиб веже за очекивану брзину 85. перцентила, а не за пројектну брзину (Lamm и др., 1990). Упозорење да је пресвлачење критичне деонице новим коловозом без других мера погрешно (стр. 146) има ослонац у налазу да је безбедност после пројеката који су обухватали само пресвлачење најпре опала (Hauer и др., 1994), а препорука да се V85% и R’ уврсте у контролне листе провере сигурности пута (стр. 148, 156) остварљив је пут да се резултат пренесе у праксу.

Главни налаз рада — да је вожени радијус на све три испитане кривине државног пута већи од пројектованог (R’ = 295, 169 и 129 m према 250, 130 и 110 m) — стоји и после свих примедаба које следе.

## III Циљ, хипотеза и метод

Хипотеза је постављена проверљиво и уско: „Радна (полазна) хипотеза истраживања јесте да постоји несагласност вожене и теоријске трајекторије у кривинама ванградских путева“ (стр. 7), уз бројно омеђено подручје. Уз њу стоји и друга претпоставка: „Претпоставља се и да постоји статистички значајна зависност брзине вожње путничких возила у слободном саобраћајном току од примењеног радијуса хоризонталних кривина на ванградским путевима“ (стр. 8), с ваљаним ослонцем у извору [18] рада. Потреба за домаћим мерењем образложена је разложно, позивом на „специфичности нашег поднебља (стање наше путне мреже, обавештеност и умешност возача са наших простора и сл.)“ (стр. 8).

Три ствари на овом нивоу, међутим, погађају однос хипотезе и огледа.

Прва је појам плитке кривине. Хипотеза говори о кривинама „малог скретног угла (већ од 12°) и са радијусима мањим од 250 m“ (стр. 7), а горња граница од 60° уводи се тек у плану огледа, где стоји да ће испитивање обухватити кривине „скретног угла γ од 35° до 60°“ (стр. 65), без образложења зашто се углови до 60° сматрају малим. Испитане кривине на деоници Причевић–Ваљево имају скретне углове од око 36°, 51° и 60°, а кривина на мерном месту 4 има 27°, што је испод распона са стр. 65.

Налази се зато односе на кривине тих скретних углова, а израз мали скретни угао шири је од испитаног. Модел то не погађа, јер не почива на апроксимацији малог угла.

Друга је раздвајање утицаја. Оглед се у раду описује као једнофакторијалан, с оградом да се такав „може сматрати“ (стр. 62); с радијусом се, међутим, у огледу истовремено мењају скретни угао и ширина коловоза, а нивои радијуса су затечене кривине једне деонице. Утицај скретног угла зато није одвојен од утицаја радијуса, па је задатак из пријаве теме који се односи на скретни угао испуњен само теоријски, кроз модел. Ауторка то признаје препоруком за даља истраживања — „Потребно је проширити број кривина, различитих радијуса у опсегу $50<R<250$ m, са различитим вредностима скретног угла γ“ (стр. 156) — али закључак то ограничење не изриче непосредно. Из истог круга је и тврдња да је за испитане кривине „показано да се утицај суседних елемената пута, на понашање возача у њима, може занемарити“ (стр. 65): одељак 3.2 даје само општа мерила, а рад сам на стр. 113 одступање модела на мерном месту 2 приписује претходној кривини.

Трећа је нацрт огледа. Три кривине на којима почива веза брзине и радијуса леже на једној деоници, све су десне у смеру осматрања, а свака је мерена дању, у једном смеру и током једног дана (мерно место 1 у два дана). Налаз $R' > R$ експериментално је, дакле, проверен само за десне кривине, што закључак не наводи. Ауторка ограничење домета сама наглашава (стр. 65, 155), и то треба ценити; замерка се зато не тиче броја кривина као таквог, него формулација закључка које су шире од нацрта (одељак VII).

Уз то, у плану огледа критеријум слободног тока постављен је отворено, али непотпуно. Рад наводи да се под неометаним возилом „обично“ подразумева размак од најмање 7 s напред и 4 s назад (стр. 7, 67), без извора, а затим усваја: „У овом истраживању биће усвојено $\Delta t_{напред} = \Delta t_{назад} \geq 5$ sec.“ (стр. 67), без образложења. Праг од пет секунди има ослонац у литератури која је постојала пре предаје (Fitzpatrick и др., 2000), а прагови се међу студијама разликују — синтеза TRB наводи и 7/4 s, и 5 s, и 5/3 s (Transportation Research Board, 2011, стр. 29–33) — па избор сам по себи није слабост. Слабост је у томе што апликација, по опису рада, задржава возила „која су, у односу на претходно возило, у кривину ушла након временског интервала који је већи од дефинисаног минималног за ово истраживање (5 sec)“ (стр. 76): из текста и записника види се само услов према возилу испред, не и услов према возилу иза, који рад сам усваја на стр. 67. Сам услов према возилу испред има ослонац у истраживању за FHWA (Fitzpatrick и др., 2000), а у истраживању за NCHRP слободан ток одређен је и условом према возилу иза — „a free-flowing vehicle was defined as having a 5-s headway and a 3-s tailway.“ (Fitzpatrick и

др., 2003, стр. 30). Недостатак је зато у несагласности плана и изведбе, не у избору критеријума. Утицај на V85% је вероватно мали, али осетљивост резултата на избор прага није испитана.

## IV Преглед досадашњих истраживања и меродавне брзине

Друго поглавље није пуко набрајање. Код Копела ауторка тачно издваја празнину коју дисертација попуњава: „Мана наведеног истраживања је да је утврђена веза између вожене брзине и пројектованог радијуса, али не и између вожене брзине и воженог радијуса.“ (стр. 10). Преглед отворено преноси и налазе који не иду у прилог полазним претпоставкама — слабу зависност брзине од воженог радијуса код Вонга и Николсона, Спачекове корективне трајекторије мањег радијуса од пројектованог — и обухвата радове до 2013. године из више земаља, уз тешко доступне домаће и регионалне дисертације.

Поглавље је, међутим, дато као хронолошки низ приказа, без закључне синтезе, а мерени вожени радијуси и брзине у поглављима 5 и 7 не пореде се с налазима приказаних истраживања. Неповољни налази нису доведени у везу с хипотезом; увод затим литературу сажима једнозначније него што она јесте, тврдњом да је вожени радијус у кривинама малог радијуса и скретног угла значајно већи од пројектованог (стр. 6), без ознаке извора на месту тврдње. Налаз Гленона и сарадника (извор [18] рада) да је критични радијус путање често мањи од пројектованог моделу не противречи, јер је реч о другој мери, али га је требало поменути и разграничити.

Приказ појединих радова мора се исправити, јер су нетачности садржинске, а не библиографске. Код рада Отмана, Томсона и Ланера [40], најобимнијег приказаног истраживања, метода је погрешно описана као прикривено осматрање саобраћаја у коме се мери свако појединачно возило; реч је о натуралистичкој вожњи седам опремљених возила. Истом раду рад додаје оно чега у њему нема: да налаз о кривинама радијуса мањег од 400 m важи без обзира на скретни угао, да се на уласку у кривину догађало значајно више незгода (извор опасност мери бочним убрзањем и угаоном брзином скретања), да су брзине у кривинама по правилу значајно веће од ограничења (извор налази неуједначен однос, зависно од ограничења на путу), и да се повећање од 20 % у десним кривинама односи на незгоде, док се у извору односи на промене саобраћајне траке. Код Фицсимонса мерна опрема погрешно је наведена као индуктивне петље уместо пнеуматских цеви, улазној брзини приписан је највећи утицај иако је извор не рангира, а налаз о сечењу кривине с две испитане кривине уопштен је у тврдњу о значајно већем радијусу у кривинама малог радијуса. Податак да је 70 % незгода с фаталним последицама, који рад наводи позивом на извор [33] (стр. 12), вероватно је погрешно пренет, јер се у ранијем раду Лама, Шуејрија и Мајлендера (1990) тај удео односи на

незгоде с погинулим или повређеним лицима: „Fatal or injury accidents accounted for more than 70 percent of the accidents on curves“ (Lamm и др., 1990, стр. 199). Ниједна од тих омашки не дотиче резултате рада, али приказ литературе у дисертацији треба да буде поуздан и тамо где не носи тезу.

Треће поглавље доноси прегледну и тачну систематизацију три концепта пројектне брзине и јасан избор концепта променљиве пројектне брзине домаће регулативе као мерила огледа, уз ограду која садржи полазиште целог истраживања — да „ове теоријске вредности пројектне брзине не могу у потпуности одговарати стварним брзинама у слободном саобраћајном току“ (стр. 23). Кривинска карактеристика и статистички показатељи резултујућег профила пројектне брзине изложени су исправно.

Једно место у овом поглављу, међутим, отвара питање које се провлачи кроз цео рад. V85% је дефинисана као брзина при којој се „85% возила на конкретној деоници креће том брзином или мањом, у условима слободног саобраћајног тока“ (стр. 20), у стандардном стању коловоза, за које рад каже: „Стандардна стања коловоза подразумевају чист и мокар коловоз, нормалне храпавости.“ (стр. 21). Правилник, на који се рад позива, гласи: „Стандардна стања коловозне површине подразумевају: раван, чист и влажан коловоз нормалне храпавости.“ (Правилник 50/2011, Прилог 2, т. 3.4.3.2). Рад затим изводи да „пројектна брзина, као теоријска вредност, у истраживањима кореспондира појму V85%,m“ (стр. 22), дакле очекиваној брзини на мокром коловозу. Главно поређење у табелама 5.15 и 7.2 води се, међутим, с V85% на сувом коловозу. Избор је образложен тиме што је мокар коловоз мерен само на једној кривини (стр. 131, 136), али управо на тој кривини V85% на мокром коловозу износи 79,74 km/h, практично колико и Vp = 80 km/h. Налаз да је разлика према пројектној брзини већа од 10 km/h, као и оцене по Ламовом критеријуму, важе зато за суви коловоз, а не у смислу дефиниције коју рад сам поставља; уз само поређење то је требало рећи.

Слика 3.1, на којој рад заснива тврдњу да се у кривинама радијуса мањег од 250 m вози брже од теоријске брзине (стр. 17, 56), нема навод извора, а две од пет кривих (Gambard, Lindemann) немају јединицу у литератури. Смер тврдње слика потврђује, и потврђују га сопствена мерења, али велика одступања дају управо криве без извора. Исказ да се препоручује однос суседних радијуса Ri ≤ Ri+1 (стр. 25) противречи слици 3.5 одмах испод, на којој препоручено подручје обухвата парове с обе стране дијагонале; реченица да у слободном току на брзину утичу „искључиво услови пута“ (стр. 20) прејака је, што рад на стр. 34 и 62 сам исправља.

## V Теоријски модел граничне трајекторије

Поглавље 4 јасно формулише практичну поруку која повезује теорију, оглед и предлог из поглавља 6. Проширење коловоза тачно је уочено као један од узрока сечења кривина, јер се рачуна за теретно возило, па путничком оставља вишак простора: „Тиме се директно омогућава путничким возилима кретање далеко комфорнијим трајекторијама од оне која је пројектована“ (стр. 48). Поступак је проширен и на несиметричне кривине.

Главни аналитички резултат рада одштампан је, међутим, с грешком у знаку. У изразу 4.29 (стр. 60), поновљеном у закључку (стр. 150), линеарни члан по R’ мора садржати збир L + Lk, а не разлику L − Lk, како следи из исправне једначине 4.28; у закључку је уз то замена Q записана као RLk − 2LR уместо RLk + 2LR, како исправно стоји у 4.27 (стр. 60). Вредности R’ у поглављу 5 (288,47, 155,851 и 133,537 m) добијене су исправним обликом, па грешка не мења резултате; али једначина у одштампаном облику нема реалних решења, а са погрешно записаним Q даје вожени радијус мањи од пројектованог. Пошто је реч о изразу који рад нуди пројектанту на употребу, исправка је неопходна.

Уз то, израз није поновљив без реконструкције на два места. Вредности R’ за мерна места 2 и 3 добијају се тек кад се ширина возне траке ts увећа за цело проширење у кривини, што у раду није изречено (на стр. 61 проширење се помиње само описно), а за мерно место 3 улазне величине нису ни наведене. Правило за избор корена исказано је описно; тачније га је формулисати као услов позитивних дужина воженог лука и прелазница, јер други корен (на мерном месту 1 око 91 m) даје негативну дужину лука.

Претпоставка о истој укупној дужини пројектоване и вожене трајекторије, којом се модел разликује од ранијих, образложена је теренским осматрањима која у раду нису описана, а оглед бочна одстојања мери само у зони кружног лука, што ауторка отворено наводи (стр. 105). Поклапање R’ с мерењем подржава модел у целини, али саму претпоставку о понашању на прелазницама не проверава.

Оцена модела према мерењу захтева прецизнији језик него што га рад употребљава. Теоријски R’ износи 288,47, 155,851 и 133,537 m наспрам измерених 295, 169 и 129 m, дакле одступа за око 2,2, 7,8 и 3,5 %, и смер и ред величине погађа на сва три места. Мерено повећањем радијуса R’ − R, које модел заправо предвиђа, грешка износи од око 15 до 34 %, променљивог предзнака: на местима 1 и 2 модел даје мањи, а на месту 3 већи R’ од измереног, што рад не коментарише. Отуда рад изводи да сличност теоријске и измерене вредности R’ „доказује исправност аналитичког израза за R’ изведеног у поглављу 4.3.2, као и претпоставки које су до тог израза довеле“ (стр. 106); та тврдња јача је од онога што три тачке носе. Реченица „Ово потврђује ваљаност израза за R’ (4.29) и полазних претпоставки којима је он

дефинисан.“ (стр. 113), изречена поводом приближно једнаких дужина пројектоване и вожене кривине, почива на кружном аргументу: једнакост дужина улазна је претпоставка модела, па њено испуњење показује доследност рачуна, а не ваљаност модела. Независна провера је поређење R’, и оно на мерном месту 2 показује одступање од око 13 m, које рад изричито бележи. Ни у закључку одступање на мерном месту 2 не би требало сажимати у тврдњу да су вредности вожених радијуса „приближно исте“ (стр. 153).

Рад има и један доказ у корист модела који не користи. Тест-возило на мерном месту 1, вођено унапред задатом граничном путањом, остварило је R’ = 287 m, готово колико модел предвиђа (288,47 m). То је једина провера модела на путањи чији је облик задат, и заслуживала је место у закључку.

Бројно поређење с моделима Кребса и Анђуса у раду нема, иако рад те моделе излаже (изрази 4.21–4.23). По Кребсовом изразу 4.23 за три мерна места излази око 283, 150 и 125 m, дакле мање сагласности с мерењем на местима 1 и 2 него код модела ауторке, а на месту 3 нешто више.

Одељци 4.1 и 4.2 претежно су уџбенички приказ система возач–возило–околина и стабилности возила, сразмерно опширан. Ту су и ситније грешке које не улазе у модел: у изразу 4.8 брзина је у легенди дата у m/sec, а коефицијент 0,146 подразумева km/h; обухват односа $f_t + \sigma \le \max f_t \le f_t + 2\sigma$ наведен је као „између 85 и 95%“ (стр. 43), а уз нормалну расподелу износи једнострано око 84–98 %; за време изоштрене визуре наведено је 12–14 s по [12], без напомене да Правилник даје 10–12 s.

## VI Оглед: мерни систем, мерна места и обрада података

Мерни систем осмишљен је тако да не омета саобраћај и да остане скривен, а решење са смероказним стубовима јефтино је и примењиво на другим местима. Смештање мерних пресека у кружни лук образложено је исправно — „у прелазним кривинама присутни маневри убрзања и успорења“ (стр. 69) — а претпоставка о приближно сталној брзини на луку у складу је с подацима самог рада: из записника у Прилогу Б излази да се на пуним скуповима мерних места 1, 2 и 4 брзине на последњем и првом рачунском пресеку у просеку разликују за мање од једног km/h, а на мерном месту 3, где су крајњи пресеци у прелазницама, за око 2–3 km/h. За триангулациони ODSL 96B, какав рад описује (стр. 72), техничка информација произвођача наводи „Measurement time: 1 – 5 ms“ (Leuze electronic, 2013, стр. 9); по општем обрасцу за грешку брзине из два пресека на познатом размаку (Klein и др., 2006, образац 2-60), грешка у времену од 5 ms при 25 m/s на размаку од 27,25 m износи око 0,5 %. Та процена важи за триангулациону варијанту коју рад наводи; за варијанту по принципу времена лета, којој одговара подешавање са слике 5.11 (в.

пасус о мерној несигурности), време мерења је подесиво од 1,4 до 50 ms (исто, стр. 10), па процена грешке зависи од режима, који рад не наводи. Поновљено мерење на мерном месту 1, у јулу, у другом годишњем добу, дало је сагласну V85% (95,69 km/h у јулу према 93,55 km/h у мају), што је вредна провера поновљивости.

Против тих вредности стоје замерке у четири правца, од којих први погађа тезу.

**Одсецање узорка на пројектну брзину.** V85% у табелама 5.3–5.10, 5.15 и 7.2 није 85. перцентил брзина свих путничких возила у слободном току, како га рад дефинише на стр. 20, него 85. перцентил пролазака бржих од пројектне брзине с којом се затим пореди. Рад то описује у поглављу 5: одлучено је „да се филтрацијом из даље анализе одстране проласци свих путничких возила која датом кривином пролазе тренутним брзинама које су мање од 80 km/h“ (стр. 92), уз оцену: „Мишљење је да овакав поступак ни на који начин не угрожава ваљаност и валидност експерименталног мерења.“ (стр. 92); на мерним местима 2 и 3 праг је 65, односно 55 km/h. Образложење је старост локалног возног парка, изнета без података. Водич FHWA брзину вожње одређује као „the speeds at which vehicles are observed operating during free flow conditions“ и додаје: „The 85th percentile of the distribution of observed speeds is the most frequently used measure of the operating speed.“ (Donnell и др., 2009, стр. 4) — дакле перцентил расподеле свих опажених брзина у слободном току. Први Ламов критеријум, који рад примењује, тражи исто: пројектну брзину треба ускладити са стварним понашањем, „expressed by the 85th-percentile speed (V85) of passenger cars under free flow conditions.“ (Lamm и др., 2003, стр. 3). Перцентил узорка одсеченог на Vp по конструкцији лежи изнад Vp.

Колико то мења резултат, види се из записника: одсецање уклања око 79 % возила у слободном току на кривини R = 250 m, око 52 % на R = 130 m и око 13 % на R = 110 m. Кад се V85% одреди на свим путничким возилима у слободном току из записника, износи приближно 81–84 km/h на R = 250 m (зависно од дана мерења), око 73 km/h на R = 130 m и око 74 km/h на R = 110 m, наспрам 94,64, 76,33 и 75,80 km/h у табели 7.2. Разлика према пројектној брзини тада износи свега неколико km/h на R = 250 m, око 8 km/h на R = 130 m и око 19 km/h на R = 110 m. Налаз да је разлика „у сва три случаја већа од 10 km/h“ (стр. 132) важи, дакле, за возила која возе брзином од најмање Vp, а не за слободни ток; смер налаза — V85% изнад Vp — важи и без одсецања, а раст разлике с опадањем радијуса опстаје и на пуним узорцима.

У корист рада треба рећи да поступак не крије: на мерном месту 4 објављује и нефилтрирану (89,06 km/h) и филтрирану вредност (96,04 km/h), а за поређење сувог и мокрог коловоза с правом користи нефилтриране вредности. Оно што не стоји јесте оправдање поступка мерењем изнутра: тврдња „Ово мерење показало је да је примена дате филтрације била у потпуности оправдана.“ (стр. 102) почива на 21 вожњи једног возача, упућеног да вози задатом граничном путањом, што показује граничне могућности тог возача и возила, а не да су спорији возачи у узорку спори

због старости возила. На сличан начин и разлика између табела 5.11 и 5.13, коју рад објашњава реченицом „Ово је у потпуности разумљиво када се узме у обзир нешто лошије стање постојећег возног парка и на овој деоници.“ (стр. 128), следи већ из самог одсецања узорка на 80 km/h.

Пут од полазног до обрађеног скупа ни другде није потпуно документован. На мерном месту 3 праг од 55 km/h испуњава 442 од 509 пролазака, а у анализу је ушло 84, по мерилу искључења возила која излазе из траке или секу кривину, које није квантификовано; R’ = 129 m почива тако на мањем делу возила у слободном току. Дванаест задржаних пролазака на мерном месту 3 и седам на поновљеном мерењу на мерном месту 1 нема у одговарајућим полазним списковима, а Прилог Б не доноси проласке пре филтрирања по дужини возила и размаку. Утицај на V85% је мали — 85. перцентил свих пролазака брзине од најмање 55 km/h на мерном месту 3 износи око 75 km/h — али ток података на том месту није поновљив.

**Вожени радијус као перцентилна крива.** R’ у раду није радијус путање појединачног возила ни најчешће путање, него лук кроз 85. перцентил бочног одстојања на првом, 15. на трећем и 85. на петом пресеку (стр. 71). То је гранична крива у смислу модела и као таква доследна циљу рада. Натписи слика у поглављу 5 — нпр. „Најзаступљенија гранична вожена трајекторија на делу кружног лука за мерно место 1“ (стр. 105) — и резиме, међутим, представљају је као најчешћу путању, што она није. Избор перцентила, од кога R’ битно зависи, није образложен нити испитан на осетљивост, а перцентилна одстојања и растојање стубова од ивице коловоза нису дати, па се R’ може поновити само уз претпоставку о положају стубова. Из записника за мерно место 1 излази вредност блиска објављеној; за поновљено мерење од 17. 7. 2013, међутим, излази око 286–287 m, а не 295 m из табеле 5.4, па се R’ на истој кривини између два дана разликовао више него што рад показује. На мерном месту 3 први и последњи пресек свесно су постављени у прелазнице (стр. 116), па R’ тамо није одређен на исти начин као на местима 1 и 2, што закључак не понавља.

**Мерна несигурност.** Рад не даје тачност мерења бочног одстојања, нити бројни исход тестирања мерног система. Документ на који упућује јединица [57] односи се на старију серију сензора, а не на модел из наслова јединице. Техничка информација произвођача из 2013. године за триангулациони ODSL 96B, какав рад описује (стр. 72), наводи „Measurement range: 60 – 2,000 mm“ (Leuze electronic, 2013, стр. 9), а за ODSL 96B по принципу времена лета „300 – 10,000 mm“ (исто, стр. 10). Подешавање на слици 5.11 (300–5000 mm) и бочна одстојања до 2,94 m у записницима одговарају другој варијанти, а не принципу који рад наводи. Који је сензор стварно употребљен и с којом тачношћу, из рада се, дакле, не види. То није формалност: помак 15. перцентила на средњем пресеку од 10 cm мења R’ на кривини R = 250 m за око 6 m, колико износи и одступање модела од мерења на том месту. Смерница о исказивању

мерне несигурности тражи управо оно што овде недостаје — „describe clearly the methods used to calculate the measurement result and its uncertainty from the experimental observations and input data“ и „list all uncertainty components and document fully how they were evaluated“ (Joint Committee for Guides in Metrology, 2008, т. 7.1.4 a и b). Та смерница дисертацију правно не обавезује, али наведена тачност геодетског обележавања (± 3–5 cm) показује да рад улазне компоненте зна да исказује. Из истог реда је и мала систематска грешка: брзине су рачунате из размака стубова на банкини, а возило се креће по нешто већем полупречнику, па су потцењене за око 1–2 %, што иде на страну закључка да V85% премашује Vp, али у раду није процењено.

**Статистичка обрада.** Тест нормалности тумачен је погрешно. За мерно место 1 рад наводи: „Lilliefors – p < 0.00999, односно потврдио је да приказана расподела не одступа значајно од нормалне расподеле“ (стр. 91), а исто тумачење понавља за мерно место 2 (стр. 109). Кад се средина и стандардна девијација оцењују из узорка, класичне критичне вредности Колмогоров–Смирновљевог теста не важе — „if location, scale, and shape parameters are estimated from the data, the critical region of the K-S test is no longer valid.“ (NIST/SEMATECH, 2003–, одељак 1.3.5.16) — а документација програма који рад користи каже изричито да се у том случају читају Лилиефорсове вероватноће: „the Lilliefors probabilities should be interpreted (Lilliefors, 1967).“ (StatSoft, [2014], одредница Kolmogorov-Smirnov Test). Вероватноћа мања од 0,01 значи, дакле, да се нормалност одбацује на нивоу од 1 %. Последица по резултате је мала — V85% се од емпиријског 85. перцентила разликује мање од 1 km/h — али колона V50% у табелама садржи аритметичку средину, не медијану, а на одсеченим узорцима, који нису нормални, те две величине се разликују (на мерном месту 1 средина 86,64, медијана око 85 km/h). Реч значајна употребљена је у инжењерском, а не у статистичком смислу, без интервала поверења и тестова разлике, што рад није рекао. Будући да остварени узорци бар одговарају величини која грешку оцене V85% држи у границама од око 2 km/h, разлике од преко 10 km/h нису последица случајне грешке; одлучујући је систематски утицај одсецања узорка.

Мерење на мокром коловозу вредно је (одељак II), али однос „V85%,s ≈ 1.12V85%,m“ (стр. 130) изведен је из по једног мерења на сувом и мокром коловозу на једној кривини, у различите дане (субота 26. 10. и недеља 10. 11. 2013) и у различитим временским прозорима, без мерења интензитета кише и без теста разлике, какав за два узорка постоји као стандардан поступак (NIST/SEMATECH, 2003–, одељак 1.3.5.3). Ауторка однос на стр. 130 уводи као претпоставку („може се претпоставити веза“), на стр. 131 одбија да га уопшти, јер „На основу само једне испитиване кривине, није могуће донети меродаван закључак“, а у закључку каже да се о његовој поузданости „може говорити са одређеним ризиком“ (стр. 155). Ипак, већ на стр. 131 пише и „Не може се оспорити чињеница да утицај мокрог коловоза на брзине кретања возила, постоји“, на стр. 136 да „је доказано да тај утицај постоји“, а у

закључку и да је веза „утврђена“ (стр. 155). Мерења у два дана на једној кривини не одвајају утицај коловоза од осталих разлика између тих дана. Да су брзине на тој кривини по мокром коловозу биле мање, стоји; узрок је вероватан, а не доказан.

Најзад, тест-возило вожено је на јавном путу, у отвореном саобраћају, брзинама од око 92 до 115 km/h. Рад не каже да ли су дозволе поменуте у захвалници обухватале и такву вожњу, нити наводи ограничење брзине које на том путу важи, а осим упутстава возачу (стр. 101) не наводи друге мере безбедности. У монографском издању то треба рећи.

## VII Резултати, поређење с регулативом и имплементација

Табеле 7.1 и 7.2 доследно понављају вредности поглавља 5, а удео од око 40 % незгода деонице у испитиваним кривинама у складу је с Прилогом A.5 за зону од приближно ±110 до 150 m око средина кривина. Поређење с регулативом, међутим, почива на две величине од којих ниједна није онаква каква се у тексту представља: на V85% одсеченог узорка (одељак VI) и на пројектним брзинама које не следе из прописа.

Пројектне брзине Vp = 65 km/h за R = 130 m и Vp = 55 km/h за R = 110 m (табеле 5.15 и 7.2), које у поглављу 5 служе и као праг филтрирања, не следе из зависности пројектне брзине од радијуса у Правилнику, коју рад сам приказује на слици 4.14: по кривој и табели 6-01 Правилника (Правилник 50/2011, Прилог 2) тим радијусима одговара око 62, односно око 58 km/h. Порекло вредности 65 и 55 km/h у раду није објашњено. Разлика V85% − Vp тада износи око 14 km/h за R = 130 m и око 17–18 km/h за R = 110 m, па кривина R = 110 m по првом Ламовом критеријуму не спада у класу лоших (разлика већа од 20 km/h), него задовољавајућих — „speed differences between 10 and 20 km/h correspond to fair design levels, whereas speed differences greater than 20 km/h definitely classify poor design“ (Lamm и др., 2003, стр. 4). Налаз да V85% премашује Vp за више од 10 km/h по том основу остаје, али се мења класификација кривине R = 110 m.

И сам Ламов критеријум примењен је у прилагођеном облику: уместо једне пројектне брзине деонице рад користи променљиву пројектну брзину по радијусу и то у фусноти 17 отворено каже. Али Лам тражи да пројектна брзина „shall remain constant on longer roadway sections“ (Lamm и др., 2003, стр. 3), а рад не наводи да би оцене с једном пројектном брзином деонице биле другачије: са Vd = 80 km/h кривине R = 130 и 110 m имале би апсолутну разлику од само око 4 km/h.

Из три мерне тачке не следи ни тенденција каква се исказује: разлике из табеле 5.15 (14,64, 11,33 и 20,80 km/h) не расту монотоно са смањењем радијуса, па закључак на стр. 135 — „Може се закључити да су ове разлике веће што је радијус кривине мањи“ — превазилази сопствене податке. Тенденцију рад ипак може да брани, али на

другом основу: на пуним узорцима слободног тока, без одсецања, разлика расте с опадањем радијуса (одељак VI). У табелама рада ту тенденцију замагљује управо одсецање узорка.

Најдаље од грађе одлази веза с незгодама. Удео од око 40 % незгода у испитиваним кривинама показује концентрацију незгода, а не повећан ризик: зона кривине није дефинисана, а изложеност није рачуната. Најављена анализа — „Даљом анализом показаће се да је проблем угрожене безбедности у директној вези са понашањем возача у тим кривинама“ (стр. 132) — није изведена; стр. 138 се за ту везу ослања на слику 1.5 из увода, која је шематска илустрација без навода извора, а не податак. Закључак ипак каже: „Анализирана је и дефинисана веза између наведених зависности и могућности за догађање саобраћајних незгода“ (стр. 155). Та реченица нема покриће у раду; тачно би било рећи да подаци о незгодама указују на безбедносни проблем у тим кривинама, а да се веза с понашањем возача оставља будућим истраживањима.

Закључак у целини говори јаче од резултата: „Радна (полазна) хипотеза овог истраживања свакако је потврђена.“ и „Резултати експерименталног истраживања неоспорно показују“ (стр. 155) — речи свакако и неоспорно превазилазе оно што носе три десне кривине једне деонице, иако несагласност R’ > R на испитаним кривинама јесте показана. Реченица „Такође, показано је да постоји зависност између очекиване вожене брзине и воженог радијуса кретања V85%–R’“ (стр. 155) противречи тачној огради са стр. 132 да ту зависност због обима истраживања није било могуће дефинисати; три тачке на слици 7.3 показују само да измерене V85% леже изнад криве из прописа. Друга полазна претпоставка, о статистички значајној зависности брзине од радијуса (стр. 8), није статистички испитана, а закључак о томе ћути. Рад на стр. 65 и 155 сам искључује уопштавање, а та ограда — „Мора се истаћи да, с обзиром на обим истраживања, а пре свега број испитиваних мерних места, није могуће резултате добијених истраживања генерализовати на ширу путну мрежу Србије.“ (стр. 155) — треба да обликује и остале реченице закључка.

Поглавље о имплементацији препоруке изриче као правац, а не као норму, што је примерено. Главна препорука — да се профил пројектне брзине одређује из зависности V85% = f(R’) — остаје, међутим, предлог без садржаја који би пројектант могао применити: ту зависност рад није утврдио, а поглавље не каже како би се R’ одредио, иако би за то могао послужити управо сопствени модел. На слици 6.1 крива означена као V85%–R’ не пролази кроз измерене тачке, па је, без напомене да је шематска, лако прочитати као утврђену зависност.

Исказ „добија се увек мања вредност ip од оне коју захтевају реални услови вожње“ (стр. 143) на три испитане кривине јесте тачан, али реч увек није изведена, јер већи вожени радијус смањује захтевани нагиб. Мера из одељка 6.2 — „Једино решење је да се ова разлика прихвати повећањем ip што би спречило исклизавање возила из

кривине.“ (стр. 144) — не може се применити тамо где је предложена: кривина R = 110 m, једина с разликом већом од 20 km/h по табели рада, већ има попречни нагиб од 7 %, а Правилник највећи нагиб ограничава на 7 %, уз изузетак до 8 % у пројектима рехабилитације (Правилник 50/2011, Прилог 2, т. 8.1.1), који рад на стр. 134 не помиње. Разлику зато треба смањивати пре свега мерама за смањење брзине, а у новоградњи већим радијусом. Праг од 15 km/h за мере које је апсолутно неопходно предузети (стр. 146) није образложен и не слаже се с поглављем 5.3, по коме су мере потребне већ изнад 10 km/h.

Пример захтеване прегледности за R = 110 m (стр. 143) добар је и проверљив, али не наводи употребљене улазне вредности и користи исти коефицијент трења за 55 и 75,80 km/h; доследно рачуната, разлика износи око 44 m, а не „скоро 40 m“ (стр. 143), па пример поенту само појачава. Образац 6.2 за попречни нагиб дословно је преузет из Правилника (Прилог 2, т. 8.1.2), без позива на тај извор; у Правилнику он важи за кривине у којима се пројектна брзина смањује због подужног нагиба, а рад га примењује уопштено; у обрасцу је садржан највећи нагиб од 7 % (т. 8.1.2), који рад наводи на стр. 84 и 134.

Тврдња да су безбедносни проблеми испитиваних кривина „у директној вези са употребом теоријске зависности V-R још у процесу планирања и пројектовања датих кривина“ (стр. 145) није тачна у погледу порекла геометрије: кривине R = 130 и 110 m имају наслеђене радијусе испод минимума за рачунску брзину деонице од 80 km/h, задржане у пројекту рехабилитације, што рад сам бележи — „више од 80% постојећих хоризонталних кривина није у складу са дефинисаним граничним елементима за дату рачунску брзину (80 km/h)“ (стр. 84).

У одељку о провери сигурности пута тврдња да ревизорски извештај „постаје обавезујући и за инвеститора и за пројектанта“ (стр. 148) не одговара извору [46] рада. Смернице FHWA кажу супротно: „The audit team leader should not demand specific corrective measures. It will be up to the project owner and design team to review the safety issue and determine how best to implement the suggestion.“ (Federal Highway Administration, 2006, стр. 36), а међу могућим одговорима власника пројекта наводе и овај: „Choose not to implement any improvement at all due to project constraints. In doing so, the project owner and design team should document the reasoning behind their decision.“ (исто, стр. 38). Препорука да се V85% и R’ уврсте у контролне листе вредна је као допуна поступака провере које рад описује, али без разрађене ставке остаје начелна. Тврдња да је пресвлачење критичне деонице без мера „често фатално“ (стр. 146) изречена је без извора и без сопственог податка; механизам има ослонац у литератури која је постојала пре предаје рада, по којој је безбедност после пројеката само с пресвлачењем најпре опала (Hauer и др., 1994), али тај налаз говори о пролазном ефекту, па је израз јачи од онога што литература показује.

## VIII Прописи, стандарди, слике, табеле, једначине и језик

Правилник 50/2011, главни регулативни ослонац поређења, наведен је у литератури без броја службеног гласила, а закон на који се рад у уводу позива (стр. 2) без назива и гласила. Деоница Причевић–Ваљево наведена је по новој категоризацији државних путева (ІБ ред), а пут на мерном месту 4 само старом ознаком регионални пут R-106, иако је по Уредби о категоризацији државних путева („Службени гласник РС“, бр. 105/2013 и 119/2013, Прилог) реч о државном путу ІІА реда бр. 127; Уредба је донета неколико месеци пред предају, па је недоследност блага.

Упутства Универзитета у Београду за обликовање докторске дисертације, важећа у марту 2014, за илустрације кажу: „Ако илустрација није изворни допринос аутора обавезно је навођење извора (ако је илустрација већ објављена), односно аутора (ако илустрација још није објављена) од којег је преузета. Извор се наводи непосредно испод илустрације.“ (Универзитет у Београду, 2011–2013, Упутства за обликовање докторске дисертације). Томе нису удовољене слике 1.1 и 1.5, слика 3.1, слике 3.3–3.6, преузете из прописне и уџбеничке литературе (слике 3.4 и 3.5 и трећи концепт на слици 3.3 садржински одговарају сликама 3-05, 6-02 и 3-04 Правилника), али без навода, више слика у поглављу 4 и слике 5.16 и 5.18. Слике 3.7 и 3.8 приписане су Правилнику, али их у његовом званичном тексту у том облику нема. Унутрашња упућивања на више места воде погрешно — нпр. фуснота 12 упућује на непостојећу слику 4.111, на стр. 113 упућује се на слику 5.44 уместо на 5.41, а на слици 5.41 крај вожене кривине погрешно носи натпис R’=288.47 с мерног места 1; пододељак о систему *Road Safety Analysis* нумерисан је као 5.2.5.1 уместо 5.1.5.1.

Ни ознаке ни бројеви нису свуда уредни, али без последица по закључке: у списку симбола коефицијент убрзања носи јединицу m/sec3 уместо m/sec2, исто слово означава различите величине (K, α, b), а у табели 5.1 вредност U за 5. и 95. перцентил треба да износи 1,645, а не 1,67.

Терминологија је највећи језички проблем рада, јер замагљује разлике које рад иначе прави. Иста величина назива се теоријском, теоријски усвојеном и пројектном брзином, а у поглављу 6 и Vp, и Vt, и Vd. V85% се у уводним поглављима (стр. 7, 8 и 17) назива тренутном брзином, иако рад у поглављима 5–7 доследно разликује тренутну брзину појединачног возила од очекиване брзине. Ни тај назив није срећан: тренутна брзина у раду јесте средња брзина на целом кружном луку (стр. 68, 154), а не брзина у тачки, па је енглески превод spot speed у резимеу погрешан. Коловоз је час мокар, час влажан, а придев теоријски у поглављу 5 означава час пројектовани радијус R, час радијус по моделу. Увод је писан у будућем времену, готово као пријава теме.

Уводна статистика незгода тачно преноси бројеве из извора [56], али их погрешно именује (968 за 2007. годину јесте број погинулих, а не незгода са фаталним исходом); рад те податке, додуше, одмах ставља у контекст: „Ове статистичке податке треба посматрати као релативне а не апсолутне показатеље“ (стр. 2). Словних омашки има десетак (acqua planning уместо aquaplaning, врзина и сл.); смисао остаје јасан.

## IX Научни апарат

Апарат је у основи уредан. Сва позивања у тексту упућују на постојеће јединице литературе; интернет извори имају адресу и датум приступа, сви пре предаје, што одговара захтеву из упутстава TRB-а ауторима — „References to websites should include corporate or personal authors, title of document, date of document (if available), web address (complete URL), and date accessed by the author.“ (Transportation Research Board, 2013, стр. 11); у литератури нема ниједног дела новијег од предаје и нема двоструких јединица; садржај и спискови слика и табела слажу се с текстом, а прилози тачно подржавају оно за шта се наводе. Подешавања мерног система, модели контролера и модула, серија сензора и геодетски поступак објављени су; варијанта сензора није (одељак VI).

Три јединице литературе ([13], [42] и [50]) у тексту се не цитирају, што је противно изричитој одредби: „У попису литературе не сме бити радова који нису цитирани, ни оних на које се у раду не упућује.“ (Универзитет у Београду, 2011–2013, Шта докторска дисертација мора да садржи, напомена 2). Обрнуто, криве Gambard и Lindemann на слици 3.1 немају јединицу у литератури, па се њихово порекло не може проверити.

Библиографски записи имају више омашака: иницијали страних аутора местимично су обрнути, презимена искварена (Leish уместо Leisch у [18], Gunnar, L. уместо Lannér, G. у [40]), година у тексту за три навода не одговара позваној јединици, у насловима има словних грешака ([31] Einflus, [43] Occurance), а више записа је непотпуно. Упутства TRB-а ауторима то изричито траже — „Be sure that references to printed sources are complete.“ (Transportation Research Board, 2013, стр. 10) — а у случају рада [40] непотпуност има и оправдање: запис одговара облику у коме је рад постојао у тренутку предаје, као рукопис на мрежи из септембра 2013.

Теже од тих омашака јесте ослонац на изворе које читалац не може да провери. Рад се у знатној мери ослања на приступно предавање [2] и на писана предавања [8], из којих потичу и методолошки делови огледа, па поједине бројне тврдње — нпр. да је брзина узрок око 50 % незгода — у доступном извору нису проверљиве. Као извор описа наменске апликације наведена је општа документација произвођача контролера ([58], [59]), а не документ у коме је систем описан. Више полазних

података — образац 5.1 и табела 5.1, једначина 6.2 — наведено је без извора, а најважнија од тих празнина је слика 1.5, на коју се рад више пута позива као на доказ везе радијуса и степена незгода (стр. 7, 57, 138).

## X Однос рада и извештаја Комисије

Извештај Комисије тачно истиче оно што у раду највише вреди: сопствени теоријски модел, мерни систем скривен у смероказним стубовима, мерење у условима домаће путне мреже и домаћег возног парка, и поставку огледа као основу за шира мерења. У томе се овај осврт с рефератом слаже. Извештај уз то наводи објављене радове ауторке, међу њима један рад категорије М23, и тиме одговара на захтев из Стандарда 8 Правилника о стандардима и поступку за акредитацију високошколских установа и студијских програма да у пољу техничко-технолошких наука најмање један рад студента буде објављен или прихваћен за објављивање у часопису са SCI листе.

Неколико оцена извештаја, међутим, нема покриће у тексту рада.

Прво, извештај у три наврата оцењује да се модел ауторке у мерене вожене радијусе уклопио боље од модела Кребса и Анђуса (на једном месту: „уклопио боље него претходни теоријски модели (модели Кребса и Анђуса)“). Рад такво поређење не приказује и такву тврдњу сам не износи. По Кребсовом изразу, који рад излаже, та оцена стоји на мерним местима 1 и 2, али не и на месту 3 (одељак V); оцена је, дакле, делимично тачна, али је у раду није показана.

Друго, извештај наводи да је описан надзор ауторке над производњом опреме, „како хардверских тако и софтверских компоненти“. Поглавље о мерном систему удео ауторке (захтеви, начин уградње и прикривања, тестирање, постављање на терену) не раздваја од удела фирме UNO-LUX NS, која је, по захвалници, мерну опрему конструисала, а надзор над производњом у тексту није описан. Допринос мерног система, који закључак рада с правом наглашава (стр. 152), треба зато читати као допринос концепције и примене.

Треће, реченица извештаја „Разлике у нивоима брзине биле су веће од 10km/h, а вероватно би биле и веће да је возни парк Србије квалитетнији.“ важи само за узорак одсечен на пројектну брзину, из кога су спора возила већ уклоњена (одељак VI).

Четврто, извештај каже: „Утврђена је корелација између теоријског модела и вожене трајекторије.“ На другом месту стоји да је модел „потврђен експериментално утврђеним трајекторијама и брзинама“. Три тачке показују сагласност у реду величине, што је вредан налаз, али не и корелацију ни потврду у статистичком смислу (одељак V). Слично важи за реченицу „За разлику од неких претходних истраживања, утврдило се да постоје разлике у воженој брзини кретања кроз

кривину у условима сувог и мокрог коловоза.“, која почива на једној кривини и два дана мерења (одељак VI), и за оцену да је потврђена хипотеза о несагласности трајекторија „и то посебно у кривинама мањег радијуса (испод 250m) и релативно малог скретног угла“, иако су испитане кривине скретних углова од 36° до 60° и утицај скретног угла у огледу није одвојен (одељак III).

Пето, извештај оцењује: „Дисертација је у потпуности обликована у складу са упутством Сената Универзитета у Београду од 14.12.2011. године“ и посебним упутствима за обликовање. Рад садржи све обавезне делове, укључујући потписане изјаве; али нецитиране јединице литературе и слике без навода извора (одељци VIII и IX) противне су изричитим одредбама тих упутстава, па оцену у погледу облика треба читати уз ту ограду.

Ниједна од тих разлика не мења оцену да рад доноси модел и оглед вредне пажње. Оне показују да извештај следи најјаче формулације рада, оне из закључка, а не опрезније реченице које рад има на стр. 65, 131 и 132.

## XI Шта остаје

Дисертација Сање Фриц солидан је инжењерски рад који домаћем пројектовању путева доноси две употребљиве ствари: затворен аналитички израз за гранични вожени радијус у кривини с прелазницама, изведен исправно из јасно исказаних претпоставки и изражен само преко величина које пројектант има у идејном пројекту, и наменски мерни систем којим се бочни положај и брзина сваког возила у слободном току бележе прикривено, на више пресека, у стварном саобраћају. Оглед на деоници државног пута показао је да је вожени радијус на све три испитане кривине већи од пројектованог, а очекиване брзине више од пројектних, и тај смер налаза стоји и после свих исправки. Модел погађа измерени радијус у распону од неколико процената, записници су приложени за свако возило, а ограничења домета рад сам изриче већ у плану огледа.

Слабости се своде на четири групе. Прва, најтежа, тиче се величина на којима почива поређење с регулативом: V85% рачуната на узорцима одсеченим на пројектну брзину и пројектне брзине двеју мањих кривина које не следе из Правилника (одељци VI и VII). Друга је мерна несигурност: сензор није метролошки документован, а R’ је осетљив већ на помаке бочног одстојања од десетак центиметара (око 6 m на кривини R = 250 m), док тачност тог мерења у раду није исказана, као ни несигурност R’ и V85%. Трећа је закључивање: рад у поглављу 5 и у закључку тврди да је показана зависност V85%–R’, да је веза с незгодама анализирана и дефинисана, да је утицај мокрог коловоза доказан (стр. 136), односно утврђен (стр. 155), и да слагање модела с мерењем доказује његову исправност (стр. 106); за зависност V85%–R’ и за утицај мокрог коловоза рад на другим местима сам

каже да их обим истраживања не носи (стр. 130–132, 155), а за везу с незгодама и за потврду модела то следи из његових сопствених података. Четврта је апарат и уредништво: грешка у знаку главне једначине, неприказано проширење у прорачуну, погрешно пренети налази у прегледу литературе, слике без извора, нецитиране јединице и терминологија брзина која замагљује разлике које рад иначе прави.

Изнад свега стоји једна правилност: рад је строжи према себи у поглављу 5 и у огради на стр. 132 него у закључку. Велики део онога што треба исправити већ је у раду тачно речено — само на погрешном месту, или не до краја спроведено.

Седам измена било би, по оцени овог осврта, најплодније у евентуалном монографском издању или наставку истраживања. Прво, исправити израз 4.29 и замену за Q, навести да ширина траке укључује проширење коловоза, правило избора корена исказати условом позитивних дужина и модел бројно упоредити с Кребсовим и Анђусовим. Друго, V85% израчунати на свим путничким возилима у слободном току, одсечене вредности дати само упоредо, пројектне брзине узети из Правилника и поновити Ламову оцену. Треће, исказати несигурност V85% и R’: објавити перцентилна бочна одстојања и положај стубова, испитати осетљивост R’ на избор перцентила и навести тачност и опсег стварно употребљеног сензора. Четврто, нормалност читати по Лилиефорсовој вероватноћи, V50% означити као средину, а разлику сувог и мокрог коловоза испитати тестом за два узорка и мерењем на више кривина, у истим сатима и уз податак о падавинама. Пето, у наставку огледа скретни угао мењати независно од радијуса, мерити и леве кривине и више деоница, с више дана по месту, како би се друга полазна претпоставка могла статистички испитати. Шесто, незгоде по кривинама свести на изложеност и дужину зоне, или везу с незгодама изоставити из закључка. Седмо, закључак ускладити с оградама које рад већ има, а поглавље 2 допунити синтезом и исправити приказ радова [40], [47]–[49] и Ламовог податка о незгодама.

Уз ту врсту редакције, која у највећем делу не тражи ново мерење него прерачун из записника које рад већ садржи, ова дисертација остаје вредна основа за оно што сама предлаже — шире мерење на путној мрежи Србије — а њен модел и мерни систем имали би шта да кажу и пројектантима који никада неће радити на деоници Причевић–Ваљево.

# Литература

## Предмет осврта

Фриц, Сања М., *Теоријско и експериментално истраживање граничних трајекторија вожње у вангрaдским путним кривинама* [докторска дисертација]. Грађевински факултет Универзитета у Београду, Београд, 2014. (НаРДуС, https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/6288.)

Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Сање Фриц, Грађевински факултет Универзитета у Београду (прихваћен на Наставно-научном већу 15. маја 2014; материјали седнице Већа научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду, 1. јул 2014).

## Прописи и акти (у редакцији важећој у марту 2014)

Правилник о условима које са аспекта безбедности саобраћаја морају да испуњавају путни објекти и други елементи јавног пута. „Службени гласник РС“, бр. 50/2011 (Прилог 2, т. 3.3.3, 3.4.3.2, 8.1.1 и 8.1.2; табела 6-01; слике 3-04, 3-05 и 6-02).

Уредба о категоризацији државних путева. „Службени гласник РС“, бр. 105/2013 и 119/2013 (Прилог, државни путеви IIA реда, бр. 127).

Правилник о стандардима и поступку за акредитацију високошколских установа и студијских програма. „Службени гласник РС“, бр. 106/2006, 112/2008, 70/2011, 101/2012 и 13/2014 (део VI, техничко-технолошке науке, Стандард 8).

Универзитет у Београду: Упутства за обликовање докторске дисертације; Шта докторска дисертација мора да садржи (прилози Упутству за формирање репозиторијума докторских дисертација, Сенат, 14. 12. 2011). Универзитет у Београду, Београд, 2011–2013.

## Брзине вожње, слободни ток и оцена безбедности кривина

Donnell, E. T., Hines, S. C., Mahoney, K. M., Porter, R. J., McGee, H.: *Speed Concepts: Informational Guide*. Publication FHWA-SA-10-001. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 2009.

Federal Highway Administration: *FHWA Road Safety Audit Guidelines*. Publication FHWA-SA-06-06. FHWA, Washington, D.C., 2006.

Fitzpatrick, K., Elefteriadou, L., Harwood, D. W., Collins, J. M., McFadden, J., Anderson, I. B., Krammes, R. A., Irizarry, N., Parma, K. D., Bauer, K. M., Passetti, K.: *Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways*. Report FHWA-RD-99-171. Federal Highway Administration, McLean, VA, 2000.

Fitzpatrick, K., Carlson, P., Brewer, M. A., Wooldridge, M. D., Miaou, S.-P.: *Design Speed, Operating Speed, and Posted Speed Practices*. NCHRP Report 504. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2003.

Hauer, E., Terry, D., Griffith, M. S.: *Effect of Resurfacing on Safety of Two-Lane Rural Roads in New York State*. *Transportation Research Record* 1467, 1994, 30–37.

Lamm, R., Beck, A., Cafiso, S., La Cava, G.: *A New Procedure for Evaluating Traffic Safety on Two-Lane Rural Roads*. XXII PIARC World Road Congress, Durban, 2003.

Lamm, R., Choueiri, E. M., Mailaender, T.: *Comparison of Operating Speeds on Dry and Wet Pavements of Two-Lane Rural Highways*. *Transportation Research Record* 1280, 1990, 199–207.

Transportation Research Board, Committee on Operational Effects of Geometrics: *Modeling Operating Speed: Synthesis Report*. Transportation Research Circular E-C151. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2011.

**Узорак, статистика и мерна несигурност**

Joint Committee for Guides in Metrology: *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*. JCGM 100:2008. JCGM, Sèvres, 2008.

Klein, L. A., Mills, M. K., Gibson, D. R. P.: *Traffic Detector Handbook: Third Edition — Volume I*. Publication FHWA-HRT-06-108. Federal Highway Administration, McLean, VA, 2006.

Leuze electronic: *The optical distance sensors ODSL 8 / 9 / 30 and ODS 96B*. Product information, en 02-2013/01 50121054. Leuze electronic, Owen/Teck, 2013.

Lilliefors, H. W.: *On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Variance Unknown*. *Journal of the American Statistical Association* 62 (318), 1967, 399–402.

NIST/SEMATECH: *e-Handbook of Statistical Methods*. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2003– (одељци 1.3.5.16 и 1.3.5.3; издање доступно у марту 2014).

Oppenlander, J. C., Bunte, W. F., Kadakia, P. L.: *Sample Size Requirements for Vehicular Speed Studies*. *Highway Research Board Bulletin* 281, Highway Research Board, Washington, D.C., 1961, 68–86.

StatSoft: *Electronic Statistics Textbook* — Statistics Glossary, одредница Kolmogorov-Smirnov Test. StatSoft, Tulsa, OK, [2014] (издање доступно у фебруару 2014).

**Научни апарат**

Transportation Research Board: *Information for Authors: A Guide for Preparing and Submitting Manuscripts for Presentation at the TRB Annual Meeting and for Publication in TRB's Journal* (Updated July 8, 2013). TRB, Washington, D.C., 2013.